



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

Implementación del diseño para fabricación y ensamblaje para
reducir los costos operativos de ensamblaje de botes metálicos en
una empresa Metalmecánica, Ilo 2024

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Torres Medina, Andree John (orcid.org/0009-0001-5897-724X)

ASESOR:

Mg. Cuadros Camposano, Edwin Huber (orcid.org/0000-0001-6478-8130)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

LIMA – PERÚ

2024



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CUADROS CAMPOSANO EDWIN HUBER, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Implementación del Diseño para Fabricación y Ensamblaje para reducir los costos operativos de ensamblaje de botes metálicos en una empresa Metalmecánica, Ilo 2024", cuyo autor es TORRES MEDINA ANDREE JOHN, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 10%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 30 de Setiembre del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CUADROS CAMPOSANO EDWIN HUBER DNI: 09599387 ORCID: 0000-0001-6478-8130	Firmado electrónicamente por: EHCUADROS el 16- 10-2024 09:01:08

Código documento Trilce: TRI - 0868924



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, TORRES MEDINA ANDREE JOHN estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Implementación del Diseño para Fabricación y Ensamblaje para reducir los costos operativos de ensamblaje de botes metálicos en una empresa Metalmeccánica, llo 2024", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
ANDREE JOHN TORRES MEDINA DNI: 73424849 ORCID: 0009-0001-5897-724X	Firmado electrónicamente por: ANDREET el 09-04- 2024 20:13:15

Código documento Trilce: TRI - 0742576

DEDICATORIA

Dedico este esfuerzo con mucho amor a mi Madre que siempre estuvo conmigo y creyendo en mí y a mi padre por su apoyo. A Milagros, mi amada esposa, por no soltar mi mano en todo este camino. Y, finalmente, a los que no creyeron en mí, con su actitud lograron que tomara más impulso.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero expresar mi gratitud a mis padres, quienes siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder lograr todos mis objetivos académicos y personales. Son ellos quienes, con su afecto, siempre me han animado a perseguir mis objetivos y nunca abandonarlos frente a las dificultades. Además, son los que me han brindado la ayuda material y financiera que necesito para mantenerme enfocado en los estudios y nunca abandonarlos.

Agradezco profundamente a mi tutor por su dedicación y paciencia; sin sus palabras y correcciones precisas no hubiese podido llegar a esta instancia tan deseada. Gracias por su orientación y todos sus consejos; los recordaré para siempre en mi futuro profesional.

Finalmente, quiero agradecer a la universidad por haberme exigido tanto, pero al mismo tiempo haberme dado mi tan deseado título. Agradezco a todos los directores por su trabajo y gestión; sin ellos, no estarían las bases ni las condiciones para el aprendizaje.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	i
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR.....	ii
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. METODOLOGÍA.....	21
III. RESULTADOS.....	25
IV. DISCUSIÓN.....	61
V. CONCLUSIONES.....	64
VI. RECOMENDACIONES	65
REFERENCIAS	66
ANEXOS	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Costos operativos de ensamblaje de la empresa SERMEC.SAC</i>	27
Tabla 2: Lista de materiales	29
Tabla 3: <i>Requerimientos y especificaciones</i>	37
Tabla 4: <i>Tabla de comparación entre Aceros ASTM</i>	38
Tabla 5: <i>Procesos de soldadura</i>	41
Tabla 6: <i>Consideraciones para la simplificación estructural del producto</i>	44
Tabla 7: Lista de materiales	46
Tabla 8. Análisis estático de piezas	49
Tabla 9: Tabla comparativa del personal de trabajo	54
Tabla 10: Programación de cargas de trabajo por proceso.....	56
Tabla 11: Comparativa de costos operativos (Costo actual vs Costo esperado)60	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Metodología de DFM	17
Figura 2: DFMA en el proceso de diseño	18
Figura 3: Mapa de ubicación.....	26
Figura 4: Dibujo isométrico de un bote metálico seccionado	30
Figura 5: Detalles de fabricación de refuerzo inferior.....	30
Figura 6: Detalles de fabricación de refuerzo laterales	31
Figura 7: Detalles de fabricación de refuerzo trasero	31
Figura 8: Detalles de fabricación de placas laterales.....	32
Figura 9: Detalles de fabricación de placas inferiores.....	32
Figura 10: Detalles de fabricación de placas trasera	33
Figura 11: Detalles de fabricación de Piso de cajón	33
Figura 12: Análisis estático tensión nodal.....	34
Figura 13: Análisis estático desplazamiento	35
Figura 14: Análisis estático de factor de seguridad	36
Figura 15: Propiedades mecánicas	42
Figura 16: Dimensiones estándar	42
Figura 17: Esquema del proceso físico.....	43
Figura 18: Propiedades mecánicas de canal	45
Figura 19: Dimensiones estándar del canal.....	46
Figura 20: Dibujo isométrico de un bote metálico nuevo	47
Figura 21: Detalles de fabricación de soportes.....	48
Figura 22: Refuerzo de bote metálico.....	48
Figura 23: Refuerzo de bote metálico.....	48
Figura 24: Análisis estático tensión	51
Figura 25: Análisis estático de desplazamiento	52
Figura 26: Análisis estático de factor de seguridad	53

RESUMEN

Se identificó un problema general en la empresa relacionado con el aumento de los costos operativos durante los procedimientos de ensamblaje y montaje de botes metálicos, un factor crucial para estabilizar la rentabilidad de la empresa. El objetivo principal fue proponer la implementación de la metodología Diseño para Fabricación y Montaje (DFMA) para reducir estos costos. Se llevó a cabo un estudio aplicado, de diseño no experimental, de alcance descriptivo y enfoque cuantitativo. Se utilizaron técnicas e instrumentos como el fichaje, el análisis de procesos y los diagramas de Ishikawa, Vester y Pareto. Los resultados revelaron que los costos operativos antes de la propuesta ascendían a S/. 98,329.87, mientras que después de la propuesta se redujeron a S/ 73,710.35, lo que representó una disminución de S/. 24,619.52, beneficiando significativamente el capital de trabajo de la empresa. Alineándome con el Objetivo de Desarrollo Sostenible “Trabajo decente y crecimiento económico”. Al optimizar los procesos, se fomenta el crecimiento económico sostenible y se contribuye a la creación de condiciones de trabajo más eficientes y seguras, la propuesta tuvo un impacto económico positivo sobre la viabilidad económica de la organización.

Palabras clave: Costos de fabricación, montaje de estructuras, diseño para la fabricación y el montaje

ABSTRACT

A general problem was identified in the company related to the increase in operating costs during the assembly and installation procedures of metal boats, a crucial factor for stabilizing the company's profitability. The main objective was to propose the implementation of the Design for Manufacturing and Assembly (DFMA) methodology to reduce these costs. An applied study, non-experimental design, with descriptive scope and quantitative approach was carried out. Techniques and instruments such as logging, process analysis, and Ishikawa, Vester, and Pareto diagrams were used. The results revealed that the operating costs before the proposal amounted to S/. 98,329.87, while after the proposal, they were reduced to S/. 73,710.35, representing a decrease of S/. 24,619.52, significantly benefiting the company's working capital. Aligning with the Sustainable Development Goal "Decent work and economic growth". By optimizing processes, fostering sustainable economic growth and contributing to more efficient and safer working conditions, the proposal had a positive economic impact on the economic viability of the organization.

Keywords: Manufacturing costs, structure assembly, design for manufacturing and assembly.

I. INTRODUCCIÓN

El concepto de diseño para la fabricación y el montaje (DfMA) tuvo sus raíces en los procesos de producción de armas desarrollados por Ford y Chrysler durante la Segunda Guerra Mundial. Los enfoques formales del Diseño para Manufactura (DfM) y diseño para el montaje (DfA) comenzaron a surgir a finales de la década de 1960 y principios de la década de 1970, coincidiendo con la publicación en el Reino Unido de la norma "The Management of Design for Economic Production" en 1975. La investigación académica sobre DfMA se remonta a la década de 1970, cuando Boothroyd y Dewhurst llevaron a cabo investigaciones y prácticas pioneras en este campo (Tan et al., 2020). El concepto de DfMA se centró en asegurar que los productos sean diseñados teniendo en cuenta la facilidad de montaje y producción desde el inicio. En un sector tan diverso como la construcción, el DfMA está ganando cada vez más aceptación a medida que se avanzó hacia un enfoque híbrido que combina la prefabricación fuera de las instalaciones con el montaje in situ (Gao et al., 2020).

Por otra parte, Lu et al. (2021) señalaron que el resurgimiento generalizado de la prefabricación y la industrialización en la construcción a nivel global ha impulsado la popularidad del concepto "diseño para fabricación y montaje" (DfMA). Sin embargo, sostienen que el DfMA no representa una revolución, ya que existen prácticas establecidas previamente como la edificabilidad, la construcción ajustada, la gestión del valor y la entrega integrada de proyectos. Este enfoque ha generado opiniones divididas: mientras algunos lo consideran como el camino hacia el futuro en la construcción, otros no están de acuerdo.

En Brasil, se llevó a cabo un estudio de caso basado en la metodología DFMA. Este estudio consistió en la observación del proceso de producción en una empresa de mantenimiento de máquinas, donde se identificaron varios problemas: la capacidad productiva era insuficiente en comparación con la demanda, había un exceso de materiales y componentes en el posproceso, y no existía un flujo continuo de operación. Ante este panorama, surgieron interrogantes sobre el método utilizado para dimensionar el marco, si las etapas del proceso se habían definido siguiendo algún principio de producción delgada, que permite reducir el movimiento de materiales y personas, y si era factible

aumentar la productividad reduciendo la mano de obra al mismo tiempo (Formigoni et al., 2021).

Como antecedente a lo mencionado anteriormente, la empresa seleccionada para el estudio pertenece al sector metalmecánico y se especializa en servicios de ingeniería, mantenimiento mecánico, estructural y eléctrico. Dada esta especialización, se considera crucial que la empresa cuente con procesos eficientes de ensamblaje y fabricación de botes metálicos para ánodos corroídos. Sin embargo, tras un primer diagnóstico, se observó que estos procesos presentan deficiencias que resultan en retrasos en la producción, debido a lo que se conoce como reprocesos. Además, se identificó una falta de capacidad para estandarizar las operaciones de fabricación y montaje de estos botes metálicos. Los altos costos derivados del incremento de la merma, las deficiencias en la gestión de procesos y los tiempos prolongados de lanzamiento de productos al mercado competitivo han sido motivo de preocupación. Por esta razón, se ha considerado sugerir la adopción de la metodología DFMA. Esta metodología comprende una serie de técnicas y métodos destinados a la automatización de los procesos de fabricación y montaje, que incluyen el rediseño de productos. Su implementación tiene como objetivo mejorar los aspectos de fabricación, montaje y reducción de costos.

Esto nos conduce a plantear el siguiente problema general de la siguiente manera: ¿Cómo el Diseño para Fabricación y Ensamblaje (DfMA) reduce los costos operativos de ensamblaje de botes metálicos en una empresa metalmecánica en Ilo?

Mientras que los problemas específicos fueron: ¿Cuáles son las causas del problema identificado en una empresa metalmecánica?, ¿Cuáles son las etapas en la ejecución de la metodología DFMA con las que se reducirá los problemas hallados en una empresa metalmecánica?, asimismo ¿Cuáles son los costos esperados luego de usar la metodología del DFMA?

Esta investigación se justificó teóricamente, siguiendo la observación de Bernal (2006), quien sostiene que la justificación teórica de una investigación radica en "generar conciencia y debate sobre un cuerpo de conocimiento existente" (p. 106). Por lo tanto, el presente estudio se llevó a cabo con el propósito de difundir el conocimiento existente sobre la metodología DFMA. Se busca así facilitar la

simplificación y optimización del montaje y la fabricación de botes metálicos en la industria metalmeccánica, y potencialmente en otros campos.

Finalmente, este estudio presenta una justificación económica, respaldada por Arias & Covinos (2021), que se emplea cuando el investigador demuestra la reducción de costos en los procesos empresariales, la optimización de beneficios y otras formas de intervención en el estudio. Por lo tanto, se justificó económicamente la integración de la metodología DFMA, ya que contribuirá a mejorar las finanzas de la empresa mediante la reducción de costos y la maximización de la producción de los botes metálicos. Esto permitirá alcanzar ganancias exponenciales y mejorar la rentabilidad de la empresa.

Respecto a las preguntas que nos han planteado en la investigación, pasamos a presentar nuestro objetivo general: implementar la metodología DFMA para reducir de los costos operativos de ensamblaje de botes metálicos en una empresa metálica.

Por otra parte, para los objetivos específicos fueron: i) Evaluar las causas principales que generan el incremento de costos operativos de ensamblaje de botes metálicos en una empresa metalmeccánica; también, ii) Aplicar las etapas de la metodología DFMA para mejorar el diseño y reducir los costos operativos de los botes metálicos en una empresa metalmeccánica y iii) Evaluar los costos operativos con la implementación del DFMA y determinar si viabilidad económica. En relatividad con el problema y los objetivos establecidos, la hipótesis general plantea que la implementación de la metodología DFMA reducirá los costos operativos de ensamblaje de los botes metálicos en una empresa metalmeccánica.

En relación con los antecedentes internacionales basados en los procedimientos de producción de productos soldados mediante la metodología del diseño de fabricación y montaje, (Budiprasojo et al, 2022) en su investigación tuvo como propósito optimización en minimizar los errores en el proceso de montaje, reducir la redundancia de componentes, ahorrar costes de producción y facilitar el funcionamiento de producción, así como facilitar el funcionamiento. En este estudio, el método se utilizará en un procesador de biodiesel con múltiples materias primas equipado con un sistema inteligente para el control del perímetro de producción que está específicamente diseñado para producir biodiesel a partir de maíz y aceite de coco como materias primas producidas en Jember,

Indonesia. El biodiesel producido con este método se ha probado y registró un valor de densidad a 15 grados centígrados de 874 - 877 kg/m³, una viscosidad a 40 grados centígrados de 4,3 - 4,7 mm²/s, Índice de acidez 0,14 0,15 mg KOH/g, Cetano 56 - 58, Punto de enturbiamiento 7 - 8 cel.deg., Punto de fluidez 4 - 5, Punto de inflamación 171 - 178 grados Celsius y punto de destilación 345 - 350 grados Celsius.

Por otro lado (Shete et al. 2018, pág. 83) se propusieron obtener una solución de diseño óptima para un producto existente, considerando que una parte significativa de los costos del producto se atribuye al complejo proceso de fabricación y ensamblaje. El Diseño para la Fabricación y el Montaje (DFMA) se presenta como una técnica para la estimación temprana de costos, con aplicaciones versátiles en diversos tipos de organizaciones e industrias. Además, puede emplearse en contextos multidisciplinarios, gestión de la cadena de suministro, actividades de fabricación y ensamblaje, así como en opciones de diseño arquitectónico relacionadas con el desarrollo y fabricación de productos. Este artículo explora los principios del DFMA y sus aplicaciones para la estimación temprana de costos y técnicas de reducción.

En su estudio (Coba Salcedo et al, 2020 pág 3567) emplearon una combinación de Quality Function Deployment (QFD) y Design for Manufacturing and Assembly (DFMA) para detallar el proceso de ingeniería simultánea utilizado en la creación de una herramienta mecánica destinada al desmantelamiento de la corona y la torre de un excavador. El objetivo principal fue proporcionar una solución eficiente al Departamento de Mantenimiento de una empresa extractora de carburo, que requería desmontar la caja de cambios de su excavador hidráulico RH340B para reparar partes dañadas. El análisis se centró en el diseño de la herramienta, asegurándose de que cumpliera con las especificaciones de torque necesarias para desarmar el sistema. Los resultados obtenidos a través de estos métodos revelaron un diseño compuesto por 26 piezas, con indicadores favorables de eficiencia de montaje y nivel de complejidad. Además, la fabricación local de la herramienta proporcionó un beneficio adicional al proceso al permitir un ahorro significativo al evitar la adquisición de un componente original TEREX | O&K costoso.

Para (Formigoni et al, 2021, pág 820), la identificación y selección del producto con el mayor retraso en la entrega marcó el inicio de un análisis exhaustivo del

proceso de producción y de los movimientos de los componentes. Este análisis se llevó a cabo mediante el método Design for Manufacturing and Assembly (DFMA), haciendo uso de herramientas como Value Stream Mapping (VSM), Estudio de tiempos y Movimientos, y análisis del arreglo físico. La interpretación de los resultados obtenidos permitió el desarrollo de un proyecto de fabricación delgada que se adecuara a los niveles de demanda y capacidad instalada, asegurando así el cumplimiento de las demandas y la gradual reducción, hasta la eliminación completa, de los retrasos. Tras 2 meses de implementación, se observó un aumento del 28% en el índice de valor añadido al proceso productivo. Los beneficios incluidos en este estudio demuestran cómo la implementación de una metodología adecuada, respaldada por herramientas específicas, puede potenciar la productividad, haciendo que el proceso sea más eficiente y rentable. Los resultados obtenidos a través de estas acciones detalladas en el artículo resaltan la importancia de utilizar enfoques estratégicos para mejorar la eficiencia operativa y garantizar la satisfacción del cliente.

En cuanto a los antecedentes nacionales se tiene (Inquiltupa, 2022) la intención de este proyecto es diseñar, fabricar e instalar un ascensor hidráulico para edificios residenciales, permitiendo un fácil acceso entre la planta baja y los niveles inferiores de aparcamiento. El proyecto se divide en capítulos que corresponden a los objetivos específicos y proporcionan descripciones del trabajo realizado. El desarrollo de este proyecto comienza con un estudio de precedentes comparables y tecnologías ya en uso en el país y en otros lugares de todo el mundo; con este conocimiento en mano, elegiremos las opciones más prometedoras y crearemos una máquina con capacidades similares. Después de que se haya establecido el modelo geométrico, se pueden hacer los cálculos para las diversas partes de la máquina. A continuación, se elaborará el plan de montaje de la máquina, en el que se detallará cómo se colocará cada una de las partes del sistema. Por último, se llevará a cabo un análisis de costes, ya que se trata de una consideración extremadamente importante.

(Bravo, 2019) Métodos de fabricación y montaje de estructuras metálicas para el proyecto de construcción AGRICOLA CERRO PRIETO - FASE III. Los investigadores utilizaron un enfoque descriptivo para su diseño, recogiendo datos actualizados sobre las normas de calidad y seguridad para utilizarlos en el desarrollo de procedimientos de fabricación y montaje. Este estudio utilizó una

metodología empírica y documental. Porque permitió la observación de primera mano del sujeto de la investigación, la recopilación de cuentas de primer mano que permitieron a los investigadores comparar los conceptos teóricos con ejemplos del mundo real, y la compilación de pruebas para probar la premisa del estudio. Utilice los libros de registro de la empresa, tarjetas de observación, estándares y plantillas, así como cualquier back issue relevante de los periódicos de la compañía, memorandos, actas, registros, datos y documentos de proyectos anteriores, a fin de obtener datos que serán útiles en el desarrollo de los procesos de fabricación y montaje.

(Cajusol, 2020) tuvo como objetivo el plan para un triturador de botellas de plástico que puede quebrar 25 kilogramos por hora. Diseño de una máquina de trituración para botellas plásticas para la empresa BRAVO en Tucume, Lambayeque. Los requisitos de diseño se recogieron mediante la realización de entrevistas con el personal de reciclaje de plástico de la empresa, que expresó interés en la compra de una máquina para automatizar los procesos de trituración y clasificación de plásticos. Los datos recogidos a través de entrevistas se utilizaron para compilar una tabla que describía las limitaciones que enfrentaba la ingeniería a lo largo de la fase de diseño. Se compiló una extensa bibliografía y directrices post-hoc sobre el tema del diseño de máquinas de reciclaje de plásticos utilizando los consejos de los diseñadores anteriores. Desarrollamos cinco conceptos y tres configuraciones distintos, luego filtramos los resultados utilizando una matriz de selección para llegar a la solución de diseño óptima. Esto nos permitió centrarnos en la mejor solución posible, la que cumplió todos nuestros criterios de evaluación. Se determinó un diámetro de eje adecuado mediante análisis paramétrico; esto reveló que el diámetro de ejes debería ser de 14" cuando se utilizaba acero AISI 1045, dando un factor de seguridad de $n = 3,2$. Los cálculos se basaron en el eje portacuchilla como elemento crítico. Un análisis económico fue finalmente capaz de determinar que la empresa haría un beneficio mensual de 2700 PEN y que el PRI sería de un año y diez meses, poniendo fin a la larga discusión.

Continuaremos con los fundamentos teóricos, donde hablaremos de las variables independientes y dependientes. En específico (Serrano-Mira et al, 2019, pág 10) afirmaron que la metodología DFMA, filosofía, proceso y herramienta de diseño utilizados en toda la etapa de desarrollo del producto;

tiene como objetivo reducir el costo total del producto mediante la optimización del tiempo de montaje, los costos de componentes y el procedimiento de ensamblaje.

El proceso de DFM se enfoca en el desarrollo de productos para reducir los costos de los componentes. Esto incluye estimaciones de costos de producción y ensamblaje, con un enfoque en los costos de manufactura. Como se muestra en la Figura 1, alcanzar un diseño satisfactorio es el objetivo final.

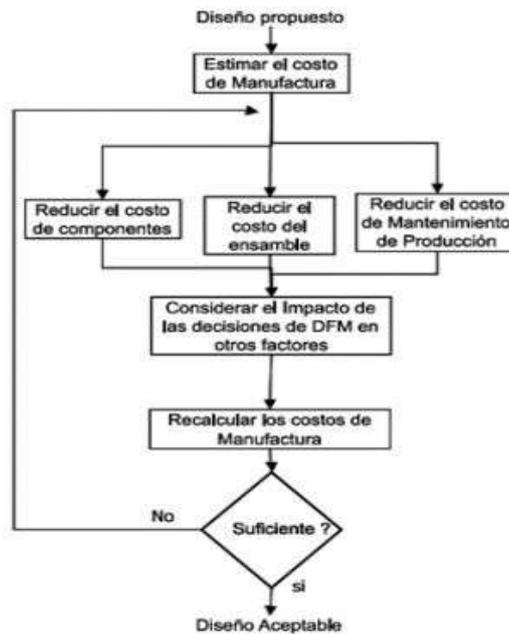


Figura 1: Metodología de DFM.

Fuente: Ulrich, K.; Eppoinger, S, 1995

Los equipos de desarrollo de productos a menudo utilizan la exploración del espacio de diseño (DFA) para ayudarles a ponderar los beneficios y desventajas de los diseños potenciales, considerando criterios como el número de piezas, el grado de dificultad para manipular e insertar esas piezas y la cantidad de tiempo necesario para montar el producto.

Al incorporar las herramientas de DFA a la metodología DFM, se logra una secuencia lógica que sigue el proceso DFMA. Esto facilita la creación del diseño conceptual de un producto viable y los pasos necesarios en su desarrollo, como se muestra en la figura 2.



Figura 2: DFMA en el proceso de diseño.

Fuente: Flores, 2012

Asimismo (Formigoni et al, 2021, pág 830) sostienen que la palabra DFMA proviene de la combinación de DFM y DFA, que combinan dos factores fundamentales en el diseño fabricación para el montaje, manteniendo la utilidad y mejorando el procedimiento de diseño del producto, ayudando a manejar los costes de fabricación, capacitando a los diseñadores para activos de forma más efectiva, reduciendo costes y mejorando los indicadores de negocio.

La aplicación de DFMA en las empresas, al menos registradas en investigaciones, es escasa en la mayoría de los casos. Aun así, se han registrado algunos estudios en los que se obtuvieron buenos resultados, similares a los que se reflejan en el párrafo anterior. (Baranda et at., 2023, pág 175) demostró que esta metodología logro mejorar la sostenibilidad en la producción y construcción de plantas industriales. En Talara en la empresa CNPC (Correa & Roman, 2022), obtuvo una mejora de las actividades productivas de hasta un 19%; aplicando una metodología de control de calidad en productos soldados, utilizando controles de diseño y ensamblaje. En otro estudio se demostró que DFMA logró cubrir el rendimiento estructural del producto, la gestión, los casos estudiados y

el modelado de información para aumentar la eficiencia operativa y las prácticas sostenibles (Tuvayanond & Prasittisopin, 2023, pag 429).

En cuanto la eficiencia productiva, se refiere a la utilización de todos los insumos para producir un resultado determinado. La eficiencia es un concepto cuantificable y puede determinarse a partir de la relación entre la producción útil y el total de insumos. En lo que respecta a la variable eficiencia de diseño esta será calculada empleando la siguiente ecuación:

$$Ed = \frac{\sum n^{\circ} \text{ de piezas totales act} - \sum n^{\circ} \text{ de piezas reducidas}}{\sum n^{\circ} \text{ de piezas totales act}} \times 100$$

Sobre la reducción de número de insumos para la fabricación de botes metálicos. La reducción de materiales es la mejor manera de reducir los residuos de envases. Por tanto, es una prioridad en todas las empresas. Esta variable será medida de la siguiente forma:

N° insumos

$$= \frac{\sum n^{\circ} \text{ planchas metalicas utilizadas act} - \sum n^{\circ} \text{ planchas metalicas utilizadas post}}{\sum n^{\circ} \text{ planchas metalicas utilizadas act}} \times 100$$

Luego, la estandarización de procesos se refiere a la selección del proceso de ensamblaje. Además de ello, significa establecer una metodología de trabajo estricta y definir los pasos necesarios para completar la tarea.

Finalmente, la Eficiencia de producción (Ep) será calculada mediante la siguiente ecuación:

$$Ep = \frac{\sum \text{ tiempo estándar estimado para completar la producción sin DFMA}}{\sum \text{ tiempo estimado para completar la producción con DFMA}} \times 100$$

Por su parte, para (Collarini et al., 2022), los costos operativos son desembolsos continuos de efectivo necesarios para mantener la producción, por lo que normalmente no se supone que se incurran en ellos antes de que comience la producción. Antes de la producción, los desembolsos de efectivo suelen considerarse una inversión. Estos costos consisten, por ejemplo, en materias primas, mano de obra, servicios públicos y suministros operativos para cualquier tipo de industria.

Entonces, los costos operativos son aquellos incurridos al momento en que se realizan las actividades productivas que mantienen la empresa (Szinai et al., 2020, pág 136). Identificar los tipos de gastos operativos requiere saber cómo se asignan. Existen diferentes clasificaciones para este tipo de gastos, siendo las más comunes las siguientes:

Costes fijos: Como su nombre indica, los costes fijos se caracterizan por ser casi constantes de un mes a otro. Este tipo de gastos suelen permanecer constantes independientemente de los cambios en el tipo de actividad, la producción o el número de clientes de una empresa. Algunos ejemplos son los salarios de los empleados, el alquiler y mantenimiento de edificios, los servicios públicos, etc. (Flores & Blanco, 2021, pág 80).

Costes variables: Los costes variables, por el contrario, pueden fluctuar, aumentar, disminuir voluntaria o involuntariamente en función de la situación. Por ejemplo, aumentos inesperados en el pago de horas extraordinarias a los empleados, determinados impuestos, tasas, etc. (Flores & Blanco, 2021, pag 76).

En cuanto a la fabricación, si se emplean tecnologías avanzadas e inteligentes, se permite una fabricación rápida y estable de nuevos productos, una respuesta dinámica a las demandas de productos personalizados y la optimización en tiempo real de las redes de producción y cadena de suministro (Wang et al., 2021, pág 740).

En cuanto el ensamblaje, Los procesos de ensamblaje consisten en combinar dos o más piezas separadas para formar un producto final. Los procesos de montaje suelen dividirse en distintas fases en función del número de piezas que haya que ensamblar, por ejemplo, maquinaria, software, electrónica, productos farmacéuticos, etc. (Cárdenas et al., 2020, pág 103).

Las líneas de ensamblaje suelen estar automatizadas de principio a fin para acelerar la fabricación de productos. Para alcanzar altos niveles de calidad, los procesos repetitivos deben realizarse con gran precisión, por lo que el personal adicional requiere más recursos de la empresa, incluidos tiempo y dinero. También aumenta la probabilidad de que se produzcan errores en el proceso de producción, lo que puede poner en peligro la calidad y la reputación de la empresa. La mano de obra humana aumenta el riesgo de accidentes, sobre todo

cuando el peso y el tamaño de las piezas que hay que ensamblar son grandes, como en la industria del automóvil (Cárdenas et al., 2020, pág 115).

Presentado esto, es necesario mencionar la forma en que serán el porcentaje de ahora generado por la reducción de costos mediante el diseño para la fabricación y ensamblaje

$$\%Ahorra = \frac{\sum \text{costos totales act} - \sum \text{costos totales mejorados}}{\sum \text{costos totales act}} \times 100$$

En cuanto a las definiciones de términos básicos tenemos:

Fabricación y ensamblaje de insumos metálicos: Las piezas hechas de metal se someten a procesos de conformidad en todo el proceso de fabricación. Este método emplea una variedad de técnicas para modificar la geometría de la pieza inicial. Muchos de los cuales hacen uso de calor, fuerza mecánica, o ambos.

Diseño: El objetivo de los ingenieros de diseño en el proceso de diseño para la fabricación (DFM) es asegurar que las dimensiones, los materiales, las tolerancias y la funcionalidad del producto se optimicen utilizando los métodos de fabricación más rentables.

Materiales El término materiales y piezas de fabricación se refiere a los bienes que, una vez procesados, se convierten en componentes de otros productos físicos. Como resultado, se someten a muchas fases de procesamiento.

Fabricación: Montaje y procesamiento manufacturero del producto metálico a trabajar. Montaje. Instalación de laminado de aluminio para los botes y otras estructuras, soldadura, inspección y procedimientos de verificación.

Insumos: Son recursos como los humanos, las materias primas, la energía, la información y el dinero que se ponen en un sistema (por ejemplo, una economía, una planta de fabricación, un sistema informático) para lograr un resultado deseado.

Botes metálicos: Robusto recipiente metálico para el almacenamiento de líquidos y/o sólidos, que puede cerrarse herméticamente.

II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

El tipo de investigación a seguir era de naturaleza aplicada. Tal como indica (Lozada, 2014, pág 35), la investigación aplicada implica un proceso que convierte la teoría investigativa en ideas prácticas, modelos y productos, de manera coherente. Es esencial que estas ideas sean desarrolladas con la participación tanto de los usuarios finales como de la industria, para asegurar que satisfagan las necesidades reales de la sociedad de manera efectiva. Tomando en cuenta lo expuesto previamente, el estudio se enfoca en la aplicación de la metodología DFMA (Diseño para la Fabricación y el Ensamblaje) para abordar y reducir los costos operativos relacionados con el ensamblaje de botes metálicos. Esta metodología se caracteriza por su enfoque práctico y su objetivo de optimizar los procesos de fabricación y ensamblaje, lo que la convierte en una herramienta directamente aplicable a la industria.

Según (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018, pág 50), un enfoque cuantitativo busca recopilar evidencia para respaldar una hipótesis mediante pruebas y análisis estadísticos con el objetivo de llegar a una conclusión. Por lo tanto, esta investigación adopta un enfoque cuantitativo, ya que durante su desarrollo se emplearán elementos numéricos, mediciones y referencias muestrales mediante procedimientos estadísticos, lo que permitirá realizar un análisis más exhaustivo al contrastar las hipótesis.

En cuanto al alcance de la investigación, se centrará en un enfoque descriptivo. (Arias & Covino, 2021) señalan que aunque los estudios descriptivos pueden brindar una base para hacer predicciones básicas sobre eventos futuros, esto solo es posible si la teoría subyacente es sólida y existen precedentes que proporcionan una imagen clara de lo que podría suceder. Por esta razón, se ha optado por profundizar y evaluar la Metodología DFMA como una posible alternativa de solución a través de la propuesta de mejora.

Diseño de investigación

De acuerdo con (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018), mencionan que, en el diseño no experimental se puede definir como la investigación en la que las variables no se manipulan con propósito. Esto significa que las variables independientes no se cambian intencionalmente para probar su influencia en otros factores del estudio. En la investigación no experimental, se analizan datos preexistentes al observar y medir fenómenos y variables en sus entornos naturales (p. 174). Por lo tanto, la propuesta de implementación sugiere una

posible solución para reducir los costos operativos, pero no se manipularán estas variables con el fin de obtener resultados mediante la constatación de hipótesis.

2.2. Variables y operacionalización

Variable independiente: Metodología DMFA

Variable dependiente: Costos operativos de ensamblaje

En el anexo 1 se muestra la tabla de operacionalización donde se define las variables y sus indicadores.

2.3. Población, muestra y muestreo

Población

Ñaupas et al. (2018) afirman que una población es la suma de todas las unidades de estudio que cumplen los criterios para la clasificación como tal. Los individuos, las cosas, los grupos, los acontecimientos o los fenómenos se califican como unidades de estudio si presentan las características necesarias.

Esta investigación, tomo como unidad de estudio todos los costos operacionales asociados con el proceso de fabricación y ensamblaje de botes metálicos en la empresa metalmecánica. Se examinaron los datos correspondientes al año 2023.

Muestra

También (Ñaupas et al., 2018) definen la muestra como un subconjunto de la población con las características necesarias para el estudio, sin dejar lugar a ambigüedades. Por lo tanto, como muestra se tomará el costo operativo de 2 botes metálicos.

Muestreo

Para (Ñaupas et al.,2018) el proceso de recogida de muestras, o muestreo, consiste en muchos pasos a los que debe adherirse para mantener la credibilidad y evitar que el esfuerzo de muestra desvanece el trabajo en marcha. En segundo lugar, los muchos tipos de muestras que se pueden tomar según las necesidades del estudio. Por ende, según lo descrito líneas anteriores da a lugar a la elección de un tipo de muestreo no probabilístico del tipo convencional. En este enfoque, los investigadores eligen los elementos de la muestra que consideran representativos o relevantes para el estudio, sin aplicar ningún método de selección aleatoria. Esto puede implicar seleccionar participantes basándose en su accesibilidad, conveniencia o características particulares que se consideren importantes para la investigación. Por consiguiente, se analizaron los costos

operativos de fabricación y ensamblaje de los botes metálicos tanto en la situación actual de la empresa como en el escenario esperado una vez iniciada la propuesta de implementación.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Las técnicas e instrumentos de recolección de datos que se utilizarán para el presente estudio denominado reducción de costos de fabricación y montaje mediante la metodología DFMA son las siguientes:

- Observación directa: esta técnica nos permitirá registrar a través de un estudio de campo los procedimientos de fabricación y montaje de los botes metálicos, conociendo así los costos que estos oscilan durante su proceso siendo de mucha utilidad para desglosar cada etapa que manifiesta la técnica a trabajar.
- Análisis documental: se utilizó este método para establecer datos bibliográficos fiables seleccionando cuidadosamente las fuentes que ofrecen datos relevantes a fin de obtener una comprensión más profunda del tema y tomar decisiones informadas sobre el diseño y montaje de los botes metálicos.

Instrumentos

El instrumento aplicado en el estudio será una base de datos en Excel para la recopilación de datos cuantificables basado en los costos operativos de fabricación de botes metálicos durante la propuesta de implementación de la metodología DFMA, en el Anexo 2 podemos visualizar el formato que tendrá el instrumento.

2.5. Procedimientos

En principio, el Autor del estudio reconoció el serio desafío de reducir los gastos operacionales de la compañía causados por la producción y montaje de botes metálicos. Así, se establecieron metas a alcanzar con el fin de resolver el problema descubierto. Luego se evaluó el estado actual de la empresa mediante análisis de datos y documentos sobre el aumento de los costos operacionales asociados con el montaje y fabricación de estos botes metálicos. Después de llevar a cabo una evaluación, se determinó qué pasos de la metodología DFMA habrían de llevarse a cabo para resolver el problema a mano, evaluando la

utilidad y la importancia de cada paso para determinar si serían útiles en la práctica o no. La conceptualización de los objetivos, la metodología, los participantes y las implicaciones económicas del proyecto, entre otras cosas, comenzó con esto. Por último, se discutieron los factores que podrían contribuir al beneficio financiero de la empresa, junto con una estimación de la inversión necesaria para aplicar la solución propuesta.

2.6. Método de análisis de datos

El estudio actual es cuantitativo porque la clasificación y el procesamiento de datos acelerarán y simplificarán el análisis de los datos recogidos. Las guías de observación y los datos recogidos antes y después de una hoja de datos se someterán a estos procedimientos estadísticos. Lo cual se hará uso del software de Microsoft Office fácilmente disponible para organizar, procesar y categorizar los datos e información que no son relevantes para su ficha de registro, produciendo datos de frecuencia y porcentaje y costos como resultado, adjunto a ello también se utilizara software en 3D como el AutoCAD y/o solidworks para conocer los vectores y dimensionamiento de los botes metálicos haciéndolo más preciso las evidencias estructurales del producto.

2.7. Aspectos éticos

Esta investigación siguió el Código de Ética de la Universidad Cesar Vallejo, haciendo nota especial de su adhesión a las directrices del formato ISO 690 y dando el debido reconocimiento al trabajo de otros autores. Además, los datos de la empresa se utilizaron únicamente con fines académicos sin perjudicar a la organización que los proporcionó. Es crucial asegurarse de que los datos presentados sean fiables y confiables.

III. RESULTADOS

3.1. Evaluación de costos operativos de ensamblaje de botes metálicos en la empresa SERMEC S.A.C

En el contexto de mi investigación, tanto la población como la muestra se definen de manera equivalente, ya que ambas hacen referencia a los elementos bajo estudio, específicamente, los costos operacionales manifestados durante el proceso de fabricación y ensamblaje de los botes metálicos en la empresa metalmecánica SERMEC S.A.C. Así, la población/muestra comprende la

totalidad de los costos operacionales asociados con dichos procesos en la mencionada empresa. Este enfoque unificado facilita la comprensión y análisis detallado de los aspectos financieros relacionados con la producción de botes metálicos, permitiendo una evaluación exhaustiva de los elementos clave que impactan en la eficiencia y rentabilidad de la operación.

En la empresa SERMEC S.A.C tiene como propósito ofrecer soluciones completas para el mantenimiento mecánico y eléctrico de plantas industriales y equipos. Asimismo, cumple con valores de responsabilidad, puntualidad y honestidad, junto con un equipo de trabajadores calificados y maquinaria de última generación, nos permiten satisfacer las necesidades de nuestros clientes. Actualmente dicha empresa se encuentra ubicada en la ciudad de Ilo-Moquegua la cual podemos evidenciar en la figura 3.

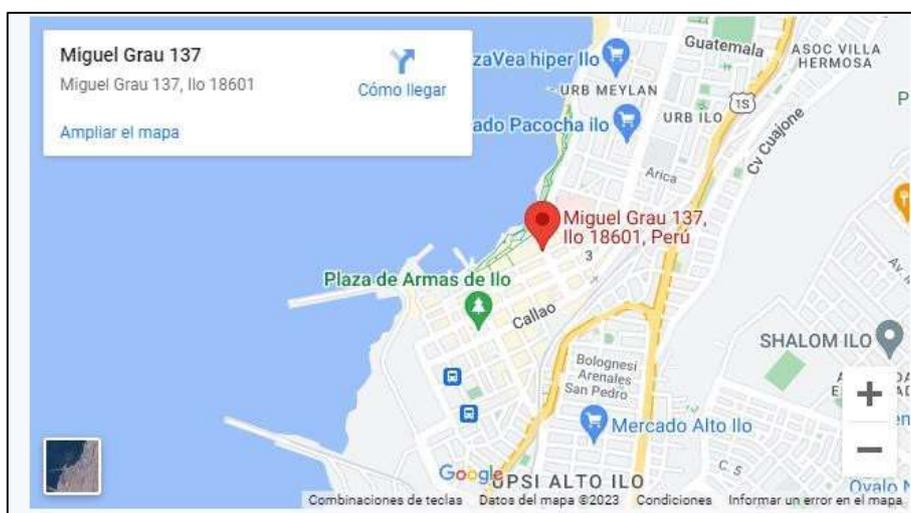


Figura 3: Mapa de ubicación
Fuente: Google Maps, 2023.

Actualmente dicha empresa se encuentra ubicada en la ciudad de Ilo-Moquegua la cual podemos evidenciar en la figura 3.

En cuanto a sus servicios de mantenimiento en plantas industriales tenemos:

- Fabricación de componentes estructurales.
- Servicios de mantenimiento para plantas industriales del medio local.
- Soldadura especial TIG, MIG, PVC, FCAW.
- Maquinado de piezas en tornos, fresas y cepilladoras.
- Entre otros servicios.

Antes de aplicar la Metodología DFMA, se realizó una evaluación minuciosa de los costos operativos relacionados con el ensamblaje de botes metálicos Los

costos operativos y de materiales actuales asciende a S/. 98,329.87 según la información proporcionada por la empresa SERMEC S.A.C. A continuación, se detallan costos operativos de ensamblaje (tabla1) para una comprensión más exhaustiva:

- **Costo de mano de obra en días útiles:**
 - Un total de S/. 34,663.20 destinado a la remuneración de 17 personas durante 20 días.
- **Uniforme e implementos de seguridad:**
 - Gastos de S/. 2,117.67, con oportunidades de mejorar mediante la negociación con proveedores y estrategias de mantenimiento preventivo.
- **Materiales a utilizar en el servicio:**
 - Una inversión de S/. 52,410.00 , cuya optimización se sugiere a través de la aplicación de DFMA para rediseñar componentes y la exploración de opciones de reciclaje.
- **Equipos y herramientas:**
 - Costos de S/. 2,739.00, con la posibilidad de reducirlos mediante la estandarización de componentes y capacitación del personal.
- **Transporte y movilización:**
 - Gastos de S/. 3,000.00, con oportunidades para mejorar mediante la evaluación de rutas eficientes y la consolidación de envíos.
- **Hospedaje y alimentación de personal :**
 - Un desembolso de S/. 3,400.00, con potencial para disminuir a través de la implementación de turnos de trabajo eficientes y acuerdos corporativos con hoteles.

Tabla 1: *Costos operativos de ensamblaje de la empresa SERMEC.SAC*

Categoría	Costo Total (S/.)	Porcentaje del Costo Total
Mano de Obra	34,663.20	41.35%
Uniforme e Implementos de Seguridad	2,117.67	2.71%

Materiales	52,410.00	44.26%
Equipos y Herramientas	2,739.00	3.50%
Transporte y Movilización	3,000.00	3.83%
Hospedaje y Alimentación	3,400.00	4.35%

Fuente: Elaboración propia

La falta de claridad en la asignación de responsabilidades ha resultado en una sobredimensión del personal, los datos revelan que el costo de la mano de obra es alto, representando el 41.35% de los costos operativos, subrayando la necesidad de gestionar eficazmente el personal para optimizar gastos. Asimismo, se observa un gasto excesivo en materiales debido a un alto nivel de desperdicio. Esto se debe a diseños que requieren múltiples uniones, lo cual provoca una mayor pérdida de material durante los cortes y un consumo innecesario de insumos como discos de corte de esmeriles, los materiales también son significativos, constituyendo el 44.26%. Otros gastos, como hospedaje y alimentación, aunque menores, podrían beneficiarse de mejores prácticas de programación y negociaciones con proveedores. En conjunto, optimizar estos aspectos clave puede mejorar la eficiencia y la rentabilidad del proyecto.

3.2. Aplicación de las etapas de la metodología DFMA para mejorar el diseño y reducir los costos operativos

Cuando una empresa o equipo de diseño tiene la voluntad de implantar en su organización la metodología de Diseño para Fabricación y Ensamblaje, hay una serie de pasos que debe de seguir para lograr este objetivo con éxito. Estas etapas se relacionan con el desarrollo de un proyecto, y no con la propia estructura organizativa de la empresa, por tanto, cuando un equipo técnico va a comenzar a trabajar en un proyecto aplicando técnicas del DFMA, debe seguir el siguiente procedimiento.

Diseño conceptual

➤ Análisis de versión actual de bote metálico

En primer lugar, se llevará a cabo una revisión minuciosa de las especificaciones del diseño, con el objetivo de identificar oportunidades para optimizar costos sin comprometer la calidad del producto final. Este análisis detallado nos permitirá

asignar valores tangibles a cada ajuste propuesto, asegurando decisiones informadas y económicamente viables.

➤ **Materiales**

La siguiente tabla detalla los materiales necesarios para la fabricación de botes metálicos, especificando la cantidad de piezas. Estos materiales han sido seleccionados para cumplir con los estándares de durabilidad, resistencia y seguridad necesarios para el uso previsto.

Tabla 2: Lista de materiales

ITEM	Material	Codigo	Nº de piezas	ITEM	Material	Codigo	Nº de piezas
1	Acero A36	B1	12	9	Acero A36	A1	1
2	Acero A36	B2	6	10	Acero A36	A2	1
3	Acero A36	B3	12	11	Acero A36	A3	1
4	Acero A36	B4	12	12	Acero A36	A4	2
5	Acero A36	B5	24	13	Acero A36	P1	1
6	Acero A36	RF-1	12	14	Acero A36	P2	1
7	Acero A36	RF-2	12	15	Acero A36	P3	1
8	Acero A36	L6x6x3/4	2	16			

Fuente: Elaboración propia

El total de número de piezas es de 76 ya que las piezas con códigos RF-1 (figura 5) y RF-2 (figura 4) son el resultado de 3 y 2 piezas soldadas respectivamente, y el material es Acero A36. Esta información es esencial para asegurar que cada componente del bote cumpla con los estándares.

➤ **Identificación de componentes y procedimiento de fabricación**

En la figura 4 témenos un plano isométrico del diseño original, seccionado en partes para su mejor entendimiento.

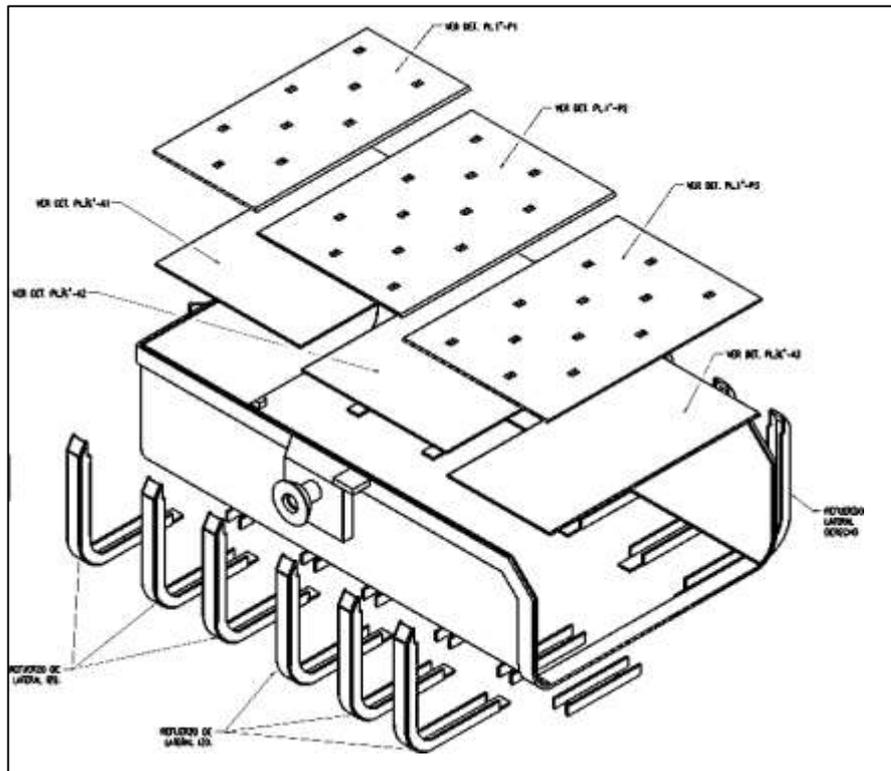


Figura 4: Dibujo isométrico de un bote metálico seccionado.

Fuente: (SERMEC S.A.C, 2023)

- Refuerzos Laterales (figura 6) e inferiores (figura 5) metálicos en plancha 3/4", según planos de fabricación se procedió al corte de piezas metálicas en plancha de 3/4", estas serán biseladas según indicaciones en plano, se realizará el corte para la fabricación de 12 unidades de refuerzos laterales y 6 inferiores.

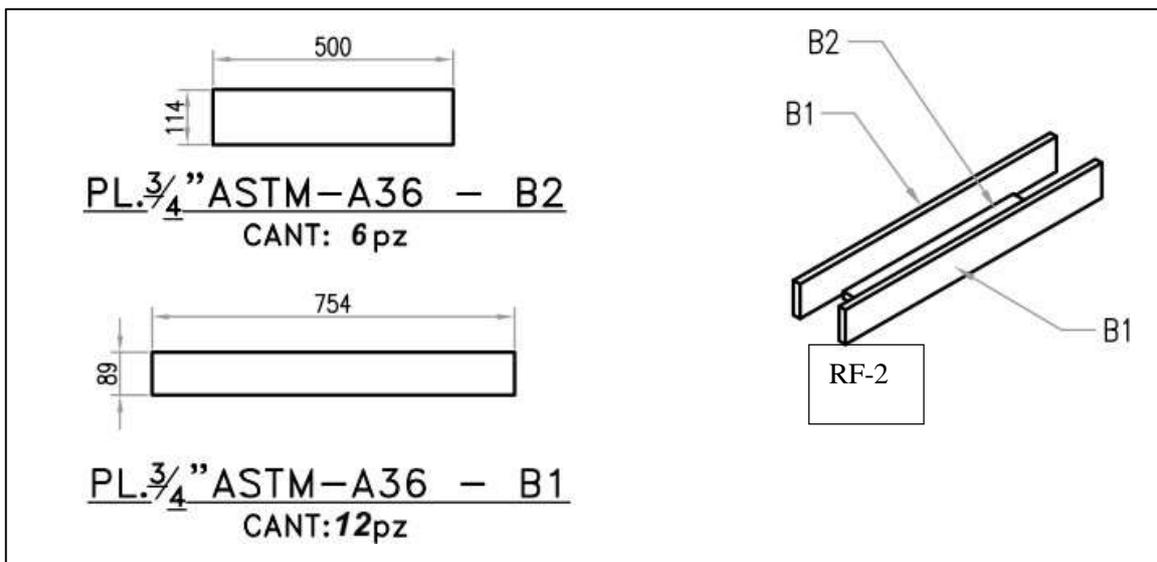


Figura 5: Detalles de fabricación de refuerzo inferior

Fuente: (SERMEC S.A.C, 2023)

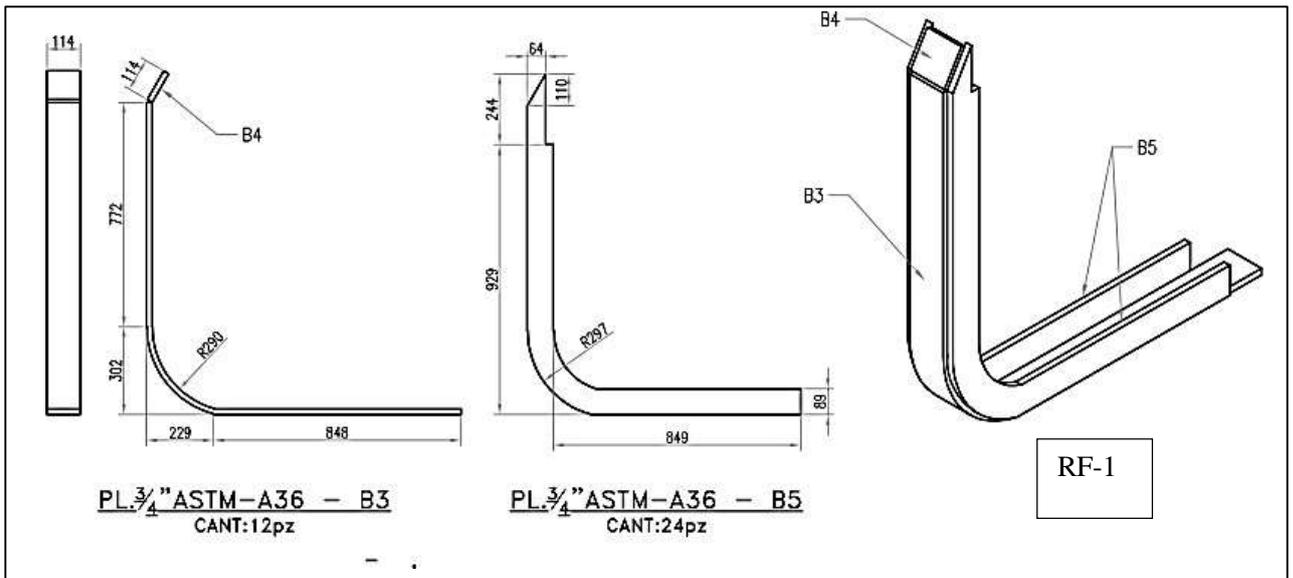


Figura 6: Detalles de fabricación de refuerzo laterales

Fuente: (SERMEC S.A.C, 2023)

- Angulo L6x6x3/4" de refuerzo, se colocarán como venas verticales en la parte trasera del bote para rigidizarlo y sirva de refuerzo. Se fabricarán 02 ángulos (figura 7)

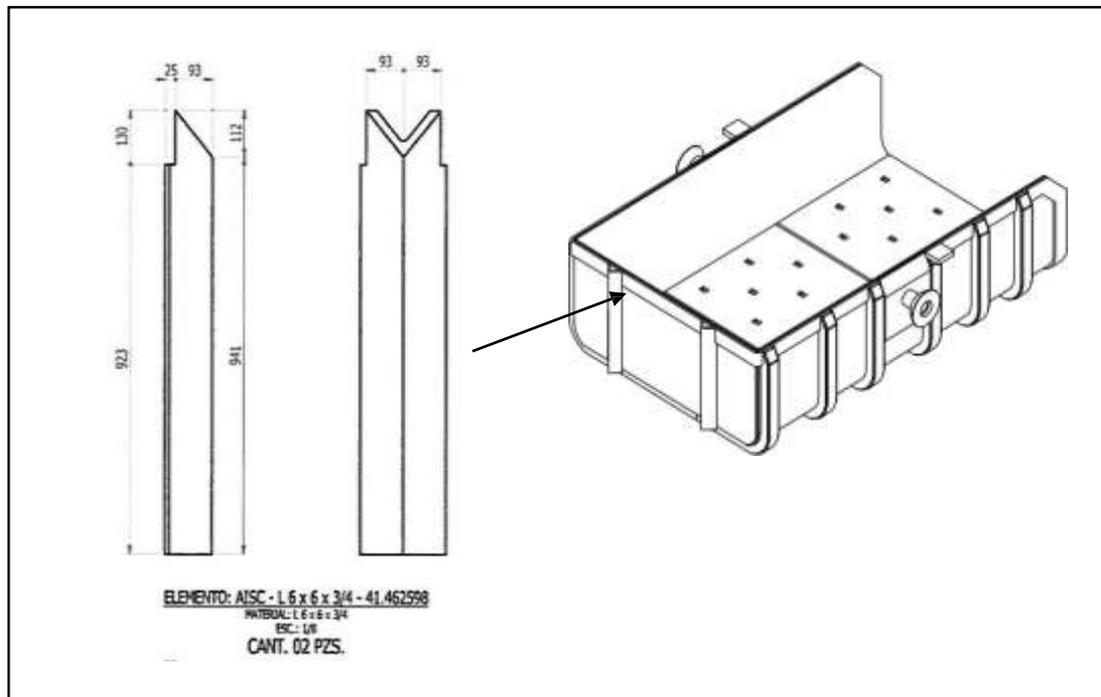


Figura 7: Detalles de fabricación de refuerzo trasero

Fuente: (SERMEC S.A.C, 2023)

- Base de cajón, según planos de fabricación se procedió al corte de piezas metálicas en plancha de 1", estas serán biseladas según

indicaciones en plano, se fabricaron 02 placas laterales (figura 8), 03 placa inferior (figura 9) y 01 placa trasera (figura 10). Al unir todas las unidades cortadas según plano este tomara la forma del 01 base de bote en plancha de 1".

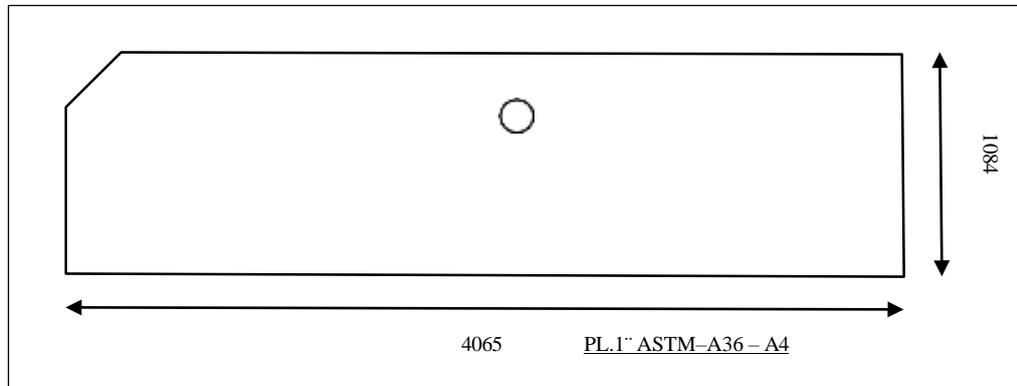


Figura 8: Detalles de fabricación de placas laterales

Fuente: (SERMEC S.A.C, 2023)

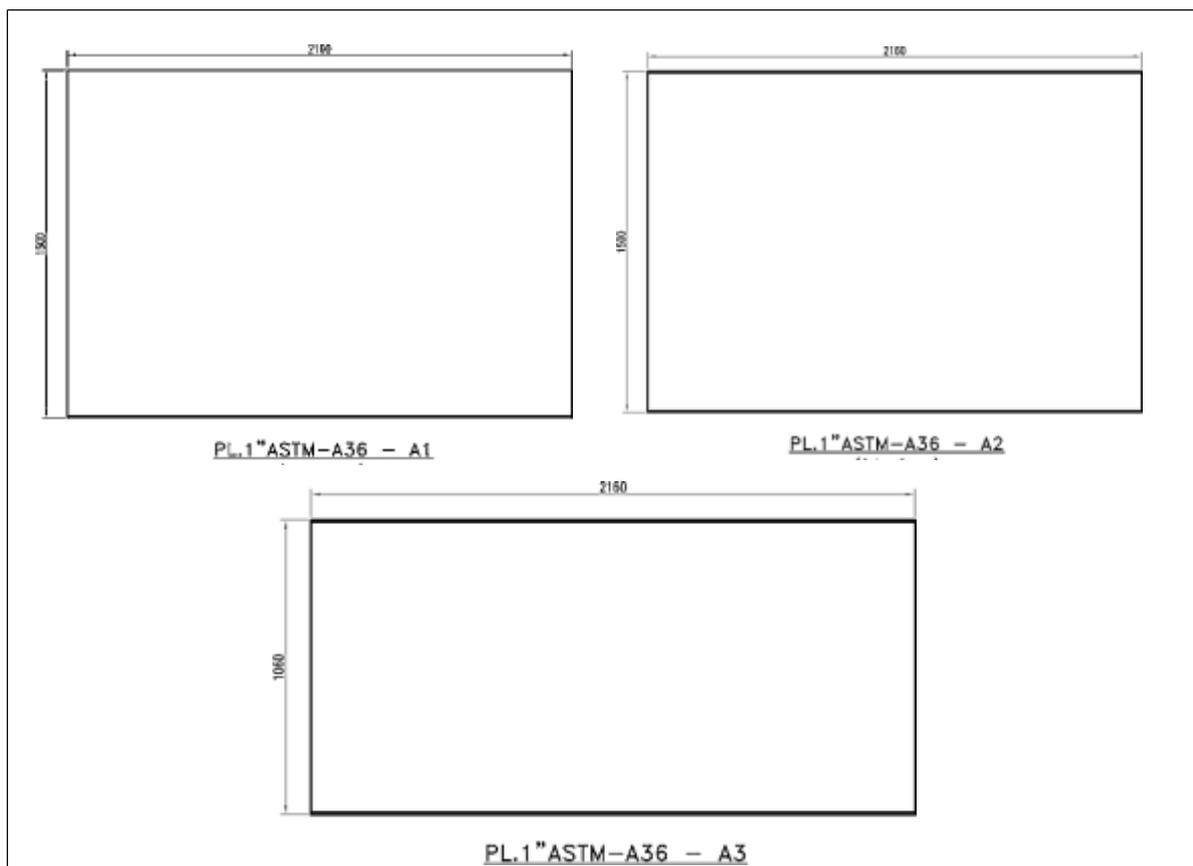


Figura 9: Detalles de fabricación de placas inferiores

Fuente: (SERMEC S.A.C, 2023)

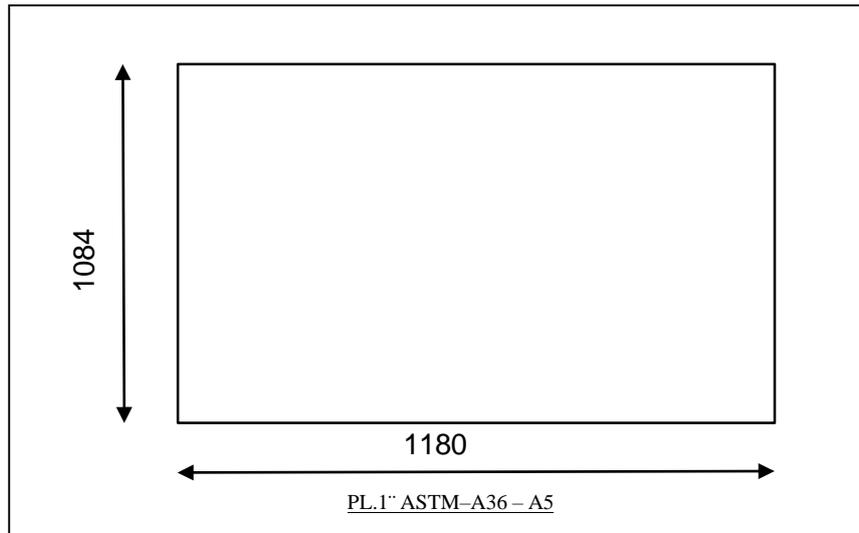


Figura 10: Detalles de fabricación de placas trasera

Fuente: (SERMEC S.A.C, 2023)

- Piso de cajón en plancha de 3/4" (figura 11) según planos de fabricación se realizó la habilitación de 03 placas, estas contarán con muescas cuadradas para la fijación de las planchas mediante soldadura a tope que se aplicará a las muescas cuadradas.

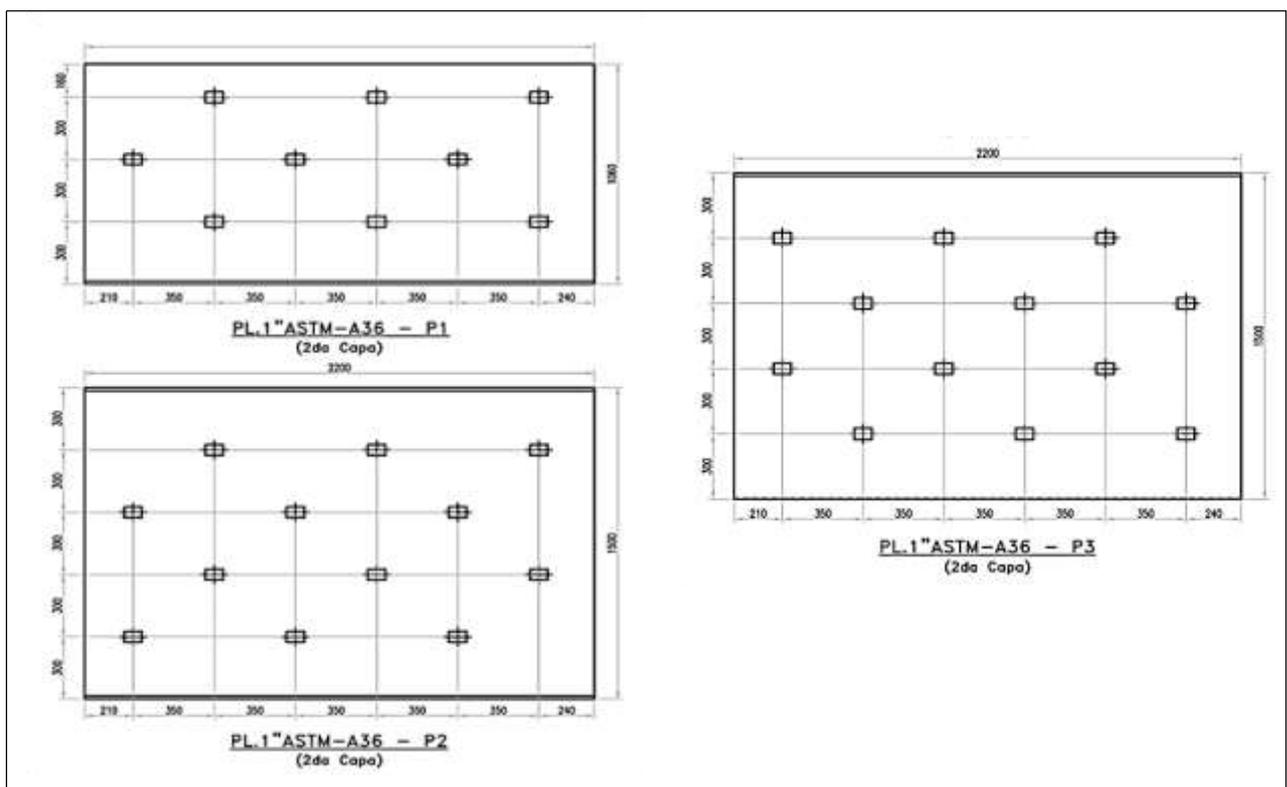


Figura 11: Detalles de fabricación de Piso de cajón

Fuente: (SERMEC S.A.C, 2023)

➤ Propiedades físicas del bote metálico actual

En este estudio, se empleó el software de diseño asistido por computadora SolidWorks para realizar un análisis exhaustivo de las propiedades físicas del bote metálico (Anexo 12). Se realizaron cálculos detallados de características físicas importantes como volumen, masa, densidad, centro de masa, Área de superficie y momentos de inercia utilizando la herramienta de simulación y análisis de SolidWorks.

- Densidad = 7850.00 Kilogramos por metros cúbicos
- Masa = 6648.97 kilogramos
- Volumen = 0.85 metros cúbicos
- Área de superficie = 86.07 metros cuadrados
- Centro de masa (metros) : X=1.85 ; Y=0.32 ; Z= -1.27

Para evaluar la distribución de tensiones (figura 12), desplazamiento (figura 13) y factor de seguridad (figura 14), se utilizó el módulo de análisis de elementos finitos (FEA) de SolidWorks.

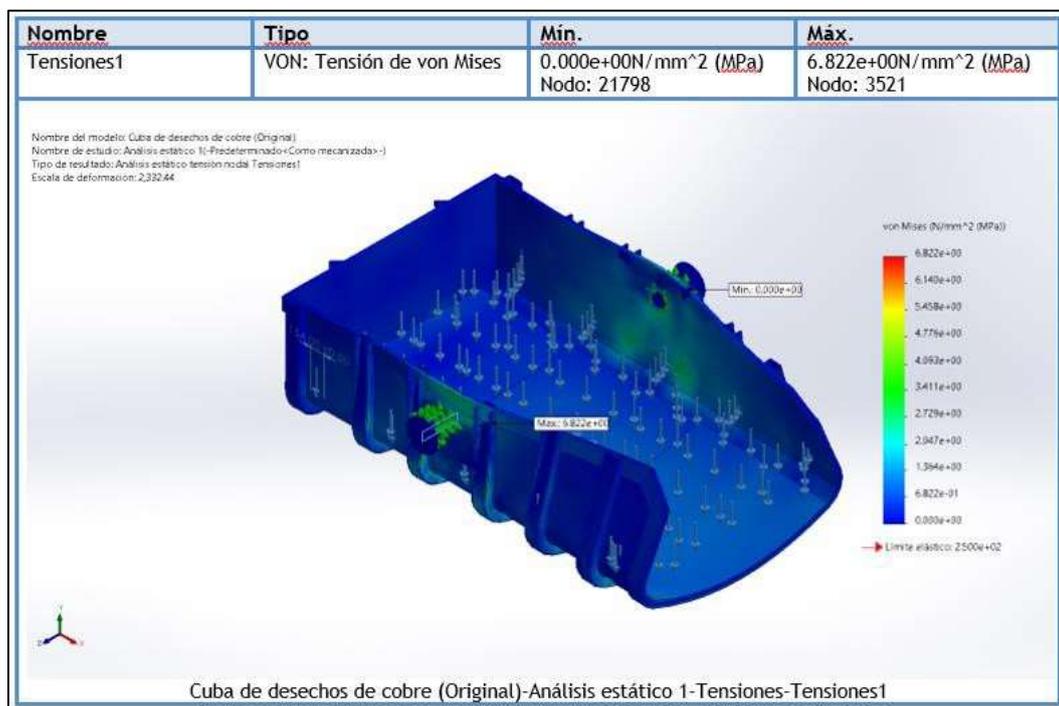


Figura 12: Análisis estático tensión nodal

Fuente: SolidWorks, 2022

En el análisis de tensión nodal realizado (figura 12) con SolidWorks, se determinó que el esfuerzo máximo en el componente es de 6.822 MPa. Este valor está significativamente por debajo del límite elástico del material, que es de 250 MPa. Esto indica que el componente opera dentro de un rango seguro de tensiones, minimizando el riesgo de deformación plástica y asegurando la integridad estructural.

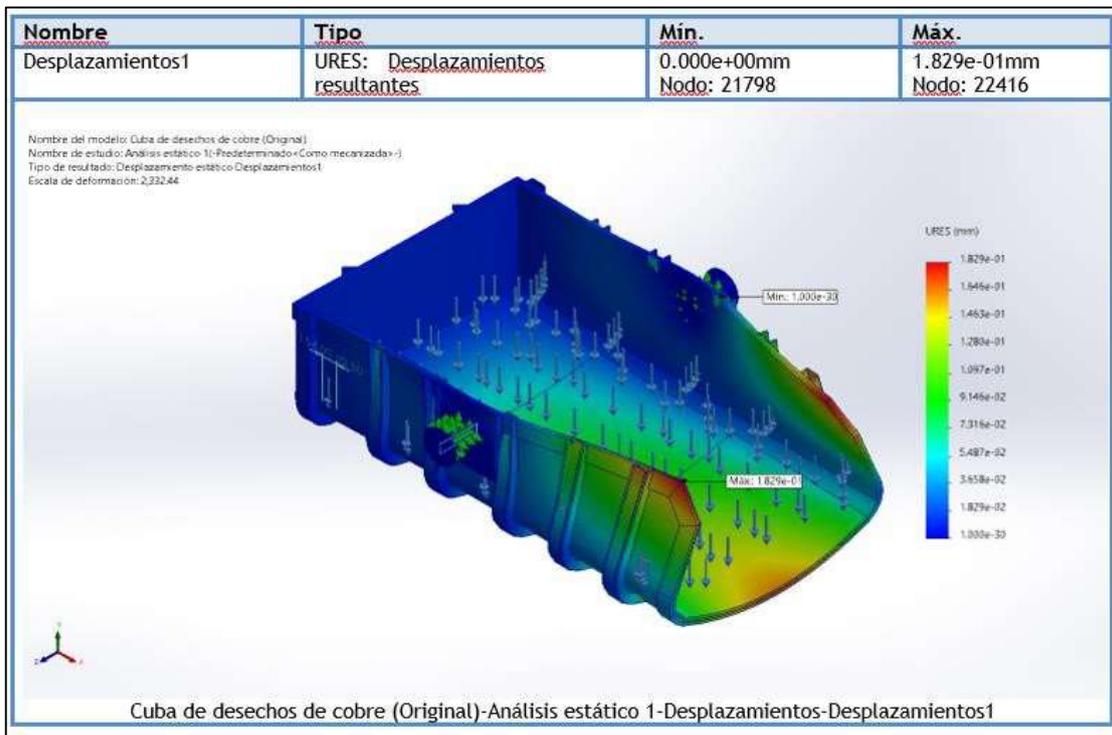


Figura 13: Análisis estático desplazamiento

Fuente: SolidWorks, 2022

En el Análisis estático de desplazamiento (figura 13) realizado con SolidWorks, se han registrado desplazamientos significativos en el componente evaluado. Se observó un desplazamiento mínimo de $1.000e-30$ mm, lo cual indica que en algunas zonas del componente apenas hay cambios en la posición inicial debido a las cargas aplicadas. Por otro lado, se identificó un desplazamiento máximo de $1.829e-01$ mm, concentrado en áreas específicas donde las cargas generan mayores efectos de deformación.

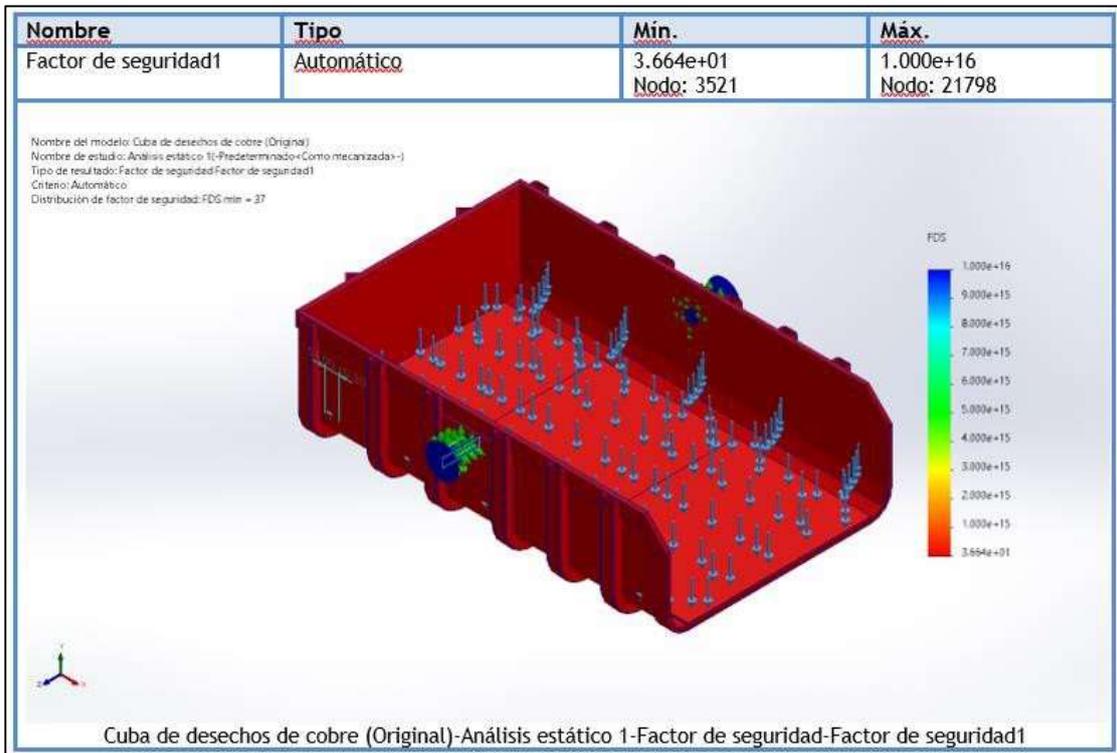


Figura 14: Análisis estático de factor de seguridad

Fuente: SolidWorks, 2022

El factor de seguridad del bote metálico para ánodos es de 37 (figura 14) esto indica que el bote puede soportar 37 veces la carga máxima de 1 tonelada antes de llegar al punto de falla. Este alto valor demuestra que el diseño del bote brinda un margen de seguridad significativo al proporcionar una gran resistencia frente a las cargas aplicadas. Un factor de seguridad tan alto garantiza que el bote pueda soportar las condiciones operativas y posibles sobrecargas sin riesgo de fallas estructurales, lo cual es fundamental para la seguridad y la durabilidad del sistema. Esta alta resistencia indica que el material y la construcción del bote se han seleccionado cuidadosamente para su uso previsto, lo que garantiza su fiabilidad en el entorno operativo.

DFA

➤ **Requerimientos y especificaciones del diseño para el bote metálico**

La fabricación de un bote metálico destinado a la recolección de ánodos usados debe cumplir con una variedad de especificaciones técnicas y normativas para garantizar que sea funcional, duradero y seguro. La tabla 3 detallado de los requisitos del usuario para la construcción de este bote, que está destinado a soportar una carga aproximada de una tonelada y he construido con acero ASTM de diferentes espesores (1 pulgada y 3/4 pulgada).

Tabla 3: Requerimientos y especificaciones

N°	Requerimiento	Especificación
1	Capacidad de Carga de la estructura	Aproximadamente 1 tonelada (1000 kg)
2	Material	Acero ASTM
3	Grosor del Material	1 pulgada (25.4 mm) y 3/4 pulgada (19.05 mm)
4	Dimensiones	Según requiera el usuario
5	Resistencia a la Tensión del material	500 MPa
6	Soldaduras	Realizadas según normas AWS D1.1 o equivalente
7	Requisitos de Seguridad	Cumplir con un factor de seguridad > 2
8	Inspección y Pruebas	Pruebas de carga y resistencia estructural
9	Documentación Técnica	Planos, resultados de la simulación

Fuente: Elaboración propia

Para la fabricación de un bote metálico destinado a recoger ánodos usados, se han establecido una serie de requerimientos técnicos que aseguran tanto su funcionalidad como su durabilidad. El bote debe tener una capacidad de carga aproximada de una tonelada (1000 kg), lo que implica que su diseño estructural debe ser suficientemente robusto para manejar este peso sin comprometer su integridad.

El material elegido para la fabricación del bote es acero ASTM. Este tipo de acero es conocido por su buena capacidad de soldadura y resistencia, características que lo hacen ideal para aplicaciones estructurales. Además, se especifica que el acero utilizado debe tener grosores de 1 pulgada (25.4 mm) y de 3/4 pulgada (19.05 mm). Estas especificaciones de grosor aseguran que las partes críticas del bote tengan la resistencia y durabilidad necesarias para soportar el peso y el manejo diario.

Las dimensiones exactas del bote, incluyendo su altura, anchura y profundidad, deben ser determinadas en función del diseño y la capacidad requerida. Es crucial que estas dimensiones se definan con precisión para asegurar que el bote puede contener el volumen de ánodos y ajustarse al espacio disponible en la instalación.

El bote debe cumplir con las especificaciones de resistencia a la tensión del acero ASTM. Esto incluye parámetros mecánicos como el factor de seguridad, asegurando que el bote pueda soportar las cargas aplicadas sin fallar, prolongando así su vida útil.

Las soldaduras del bote deben ser realizadas según las normas AWS D1.1 o su equivalente, asegurando que las uniones soldadas sean fuertes y confiables. El diseño del bote también debe incluir una estructura para su izaje y estratégicamente ubicado para facilitar el levantamiento, movimiento y vaciado del bote de manera segura y estable.

En cuanto a los requisitos de seguridad, el diseño y la fabricación del bote deben cumplir con el factor de seguridad pertinentes, para proteger a los trabajadores y asegurar un entorno de trabajo seguro. Antes de ser puesto en servicio, el bote debe ser sometido a simulaciones en SolidWorks rigurosas de carga y resistencia estructural para verificar que cumple con todas las especificaciones de diseño y seguridad.

➤ **Materiales a considerar**

La elección del material durante el proceso de diseño para la fabricación y el ensamblaje (DFA) es fundamental para garantizar la eficiencia y la calidad del producto final. La selección adecuada de un material no solo afecta la resistencia y durabilidad de los componentes, sino también la facilidad de fabricación, la adaptabilidad a diferentes condiciones operativas y los costos de producción. La tabla 7 compara varios tipos de aceros ASTM evaluando sus resistencias a la tensión, beneficios y desventajas. Esto proporciona una guía clara y concisa para la selección del material más adecuado para aplicaciones estructurales y de manufactura.

Tabla 4: *Tabla de comparación entre Aceros ASTM*

Material	Resistencia a la Tensión (MPa)	Ventajas	Desventajas
ASTM A36	400-550	<ul style="list-style-type: none"> - Buena soldabilidad - Bajo costo - Amplia disponibilidad 	<ul style="list-style-type: none"> - Menor resistencia a la tracción comparado con otros aceros -Menor resistencia a la corrosión

ASTM A572	450-620	- Mayor resistencia que A36 - Buena soldabilidad - Mejor resistencia a la corrosión que A36	- Puede ser más costoso que A36 - Requiere mayor habilidad en la soldadura
ASTM A514	690-895	- Muy alta resistencia a la tracción - Buena resistencia a la abrasión -Adecuado para estructuras pesadas	- Más caro que A36 y A572 - Dificultad en el maquinado y soldadura debido a su alta resistencia
ASTM A992	415-650	- Excelente para aplicaciones estructurales - Alta resistencia a la tracción - Buen comportamiento a bajas temperaturas	- Más costoso que A36 - Menos disponible que A36 y A572
ASTM A588	485-690	- Alta resistencia a la corrosión atmosférica - Ideal para aplicaciones expuestas a intemperie	- Más caro que A36 - Puede requerir tratamientos especiales para soldadura

Fuente: Elaboración propia

La tabla evalúa sus resistencias a la tensión, beneficios y desventajas. Esto proporciona una guía clara y concisa para la selección del material más adecuado para aplicaciones estructurales y de manufactura.

➤ **Procesos de soldadura propuestos**

La elección del proceso de soldadura correcto tiene un impacto significativo en la calidad, la eficiencia y el costo de las uniones soldadas. Se presentan una variedad de procesos de soldadura para el acero ASTM en este contexto. Cada uno de estos procesos tiene sus propias características, lo que los hace adecuados para una variedad de aplicaciones y condiciones operativas. Se consideraron los siguientes procedimientos:

- **SMAW (Soldadura Manual por Arco Metálico):** Es un proceso versátil y económico donde se utiliza un electrodo revestido que se consume durante la soldadura. Requiere habilidad por parte del operario para controlar el arco y la velocidad de soldadura (American Welding Society, 2022).
- **GMAW (Soldadura por Arco Metálico con Gas):** Conocida también como soldadura MIG (Metal Inert Gas) o MAG (Metal Active Gas), utiliza un arco eléctrico entre un electrodo continuo consumible y el metal de base. Es eficiente y adecuada para aplicaciones industriales, ofreciendo alta velocidad de deposición de metal (American Welding Society, 2022).
- **FCAW (Soldadura por Arco con Núcleo Fundente):** Utiliza un electrodo tubular con un núcleo de fundente que proporciona protección al arco y al baño de soldadura. Este proceso es rápido y adecuado para soldaduras en posiciones difíciles y en materiales gruesos (American Welding Society, 2022).
- **TIG (Soldadura por Arco de Tungsteno y Gas Inerte):** Es un proceso preciso que utiliza un electrodo de tungsteno no consumible y gas inerte para proteger el arco y el metal fundido. Es conocido por su alta calidad de soldadura y se utiliza comúnmente en aplicaciones que requieren acabados limpios y precisos (American Welding Society, 2022).
- **SAW (Soldadura por Arco Sumergido):** Es un proceso automático donde el arco y la zona de soldadura están completamente sumergidos bajo un polvo fundente. Proporciona altas velocidades de deposición y es adecuado para aplicaciones de alta producción y soldaduras en posición plana o horizontal (American Welding Society, 2022).

En la tabla 8 comparativa presenta una visión concisa de cinco procesos de soldadura comúnmente utilizados para el acero ASTM A36: SMAW, GMAW, FCAW, TIG y SAW

Tabla 5: Procesos de soldadura

Proceso de Soldadura	Costo Relativo	Especialización Necesaria	Tiempos de Soldadura (Velocidad)	Ventajas	Desventajas
SMAW (Soldadura Manual por Arco Metálico)	Bajo	Moderada	Lenta	- Equipos relativamente económicos - Versátil y portátil	- Velocidad de soldadura lenta - Requiere habilidad del operario
GMAW (Soldadura por Arco Metálico con Gas)	Moderado	Baja a moderada	Rápida	- Alta velocidad de soldadura - Fácil de aprender y automatizar	- Costo de equipos y gases protectores - Menos portátil
FCAW (Soldadura por Arco con Núcleo Fundente)	Moderado a alto	Baja a moderada	Rápida	- Alta tasa de deposición - Buena para soldaduras gruesas	- Equipos más costosos - Genera mucho humo y escoria
TIG (Soldadura por Arco de Tungsteno y Gas Inerte)	Alto	Alta	Lenta	- Alta calidad de soldadura - Adecuada para metales delgados y precisos	- Muy lento - Requiere alta habilidad del operario - Costo elevado de equipos
SAW (Soldadura por Arco Sumergido)	Alto	Alta	Muy rápida	- Alta eficiencia y velocidad - Soldaduras de alta calidad	- No portátil - Equipos costosos - Limitada a posiciones planas o horizontales

Fuente: Elaboración propia

El costo, la especialización del operario, la velocidad de soldadura y las condiciones específicas del proyecto son algunos de los factores que determinarán el proceso de soldadura adecuado para el acero.

Selección de material y proceso de soldadura

En el presente estudio, se optó por utilizar el acero ASTM A36 debido a su costo más bajo en comparación con otros materiales, cumpliendo a la vez con los requisitos de diseño establecidos. En la siguiente figura tenemos las propiedades mecánicas del material y espesores respectivamente

PROPIEDADES MECÁNICAS:					
CALIDAD	NORMA	LÍMITE DE FLUENCIA MPa (kg/mm ²)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN MPa (kg/mm ²)	ALARGAMIENTO EN 200 mm (%)	DOBLADO A 180°
Estructural	ASTM A36	250 mín. (25.50 mín.)	400 - 550 (40.80 - 56.10)	20 mín.	Sin fisura (*)
Estructural	ASTM A1011/A1011M SS36 Tipo 2	250 mín. (25.50 mín.)	400 - 550 (40.80 - 56.10)	16 mín.	Sin fisura (*)
Estructural	ASTM A1011/A1011M Grado 36 Tipo 2	250 mín. (25.50 mín.)	400 - 550 (40.80 - 56.10)	18 mín.	Sin fisura (*)

Figura 15: Propiedades mecánicas

Fuente: Aceros Arequipa, 2020

PLANCHAS LAMINADAS EN CALIENTE (PLAC A36):						
DIMENSIONES (mm)	PESO TEÓRICO EN kg/plancha				TOLERANCIA EN EL ESPESOR (mm)	ESPESOR EQUIVALENTE O APROXIMADO
	1,200 x 2,400 (mm)	1,200 x 6,000 (mm)	1,500 x 6,000 (mm)	2,400 x 6,000 (mm)		
20	452.16			2,260.80	0.9/0.3	3/4"
22			1,554.30	2,486.88	0.9/0.3	7/8"
25	565.2		1,766.25	2,826.00	1.0/0.3	1"
32	723.46		2,260.80	3,617.28	1.3/0.3	1 1/4"
38	859.1		2,684.70	4,295.52	1.5/0.3	1 1/2"
50	1,130.40		3,532.50	5,652.00	1.8/0.3	2"
63	1,424.30		4,450.95	7,121.52	2.4/0.3	2 1/2"
75	1,695.60		5,298.75	8,478.00	2.8/0.3	3"
100	2,260.80		7,065.00	11,304.00	3.5/0.3	4"
125			8,831.25	14,130.00	3.5/0.3	5"
150	3,391.20		10,597.50	16,956.00	3.5/0.3	6"

Figura 16: Dimensiones estándar

Fuente: Aceros Arequipa, 2020

La selección de este material se fundamenta en su excelente soldabilidad y amplia disponibilidad en el mercado, lo que facilita tanto la manufactura como el ensamblaje del producto. Aunque existen aceros con mayor resistencia a la tensión y mejor resistencia a la corrosión, el A36 ofrece un equilibrio adecuado entre costo y desempeño, alineándose eficientemente a los requerimientos y especificaciones, con las propiedades mecánicas (figura 15) y los espesores (figura 16).

Esta decisión asegura que el bote metálico no solo sea funcional y duradero, sino también rentable, optimizando los recursos sin comprometer la calidad ni la seguridad.

Debido a su capacidad para manejar materiales de mayor espesor y su alta tasa de deposición de metal, el proceso de soldadura FCAW (soldadura por arco con núcleo fundente) ha sido elegido para usarse en acero ASTM A36. En la siguiente figura detalla un esquema del proceso físico

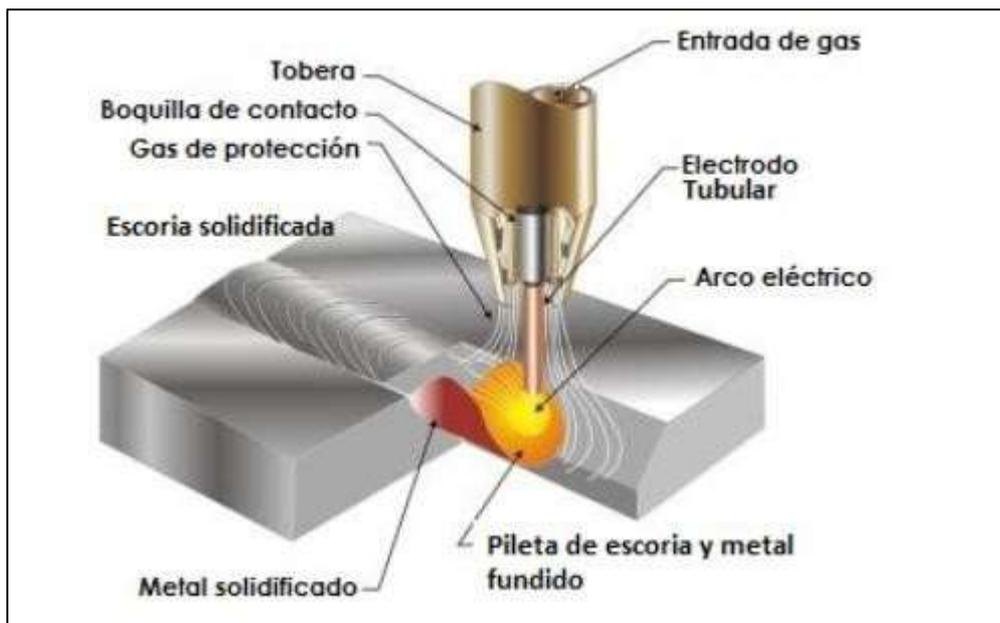


Figura 17: Esquema del proceso físico

Fuente: Soldadurayestructuras.com, 2020

Este método utiliza un electrodo tubular con un núcleo de fundente, que protege tanto el arco como el baño de soldadura, lo que resulta en uniones soldadas de alta calidad con menos preocupaciones por defectos superficiales y una mejor resistencia a la porosidad

➤ **Consideraciones para la simplificación estructural del producto**

La 9 tabla contiene consideraciones para la simplificación estructural del bote metálico utilizado para los ánodos. Se examinan dos modificaciones importantes: el cambio del componente RF-1 Y RF-2 por un canal de 4"x7,25 libras/pie y la reducción del número de planchas (P1, P2, P3) de 3 a 2 mediante el aumento de su tamaño.

Tabla 6. *Consideraciones para la simplificación estructural del producto*

Consideración	Descripción	Impacto en el Diseño	Ventajas	Desventajas
Cambio de la pieza RF-1 y RF-2	Reemplazar la RF-1 y RF-2, que son partes que están compuestas por 3 piezas individuales, por un canal de 4"x7.25 libras/pie.	Reducción del tiempo de fabricación debido a menos soldaduras. Mayor resistencia estructural al usar un canal único.	Simplificación del proceso de fabricación. Reducción de errores de ensamblaje. Menor tiempo y costo de manufactura.	Puede afectar el factor de seguridad, ya que son los soportes de la estructura.
Reducción del número de planchas	Reducir el número de planchas de 3 a 2 incrementando su tamaño.	Menos piezas para ensamblar. Reducción en el tiempo de ensamblaje. Posible cambio en el proceso de manufactura.	Simplificación del ensamblaje. Menor cantidad de soldaduras. Posible reducción de costos.	Incremento del tamaño de las planchas puede requerir equipos de manejo diferentes. Posible ajuste en el diseño estructural.

Fuente: Elaboración propia.

Estas consideraciones se analizan en términos de impacto en el diseño, ventajas y desventajas, y se destaca cómo estas modificaciones pueden contribuir a la eficiencia del proceso de manufactura y ensamblaje según los principios de diseño para manufactura y ensamblaje (DFMA).

Mejor diseño conceptual

La reducción del número de piezas se ha demostrado ser la opción más ventajosa al evaluar varias opciones para simplificar la estructura del bote metálico para los ánodos utilizados. Se logran una serie de mejoras significativas al reemplazar el componente RF-1 y RF-2, que actualmente se compone de tres

piezas soldadas cada uno, por un canal de 4"x7,25 libras/pie, ya que sus propiedades mecánicas son compatibles (figura 18)

Primero, es obvio que el proceso de ensamblaje se simplificó. Menos piezas implican menos ensamblajes, lo que reduce las posibilidades de errores. La variabilidad en la producción disminuye como resultado de esta reducción en la complejidad del ensamblaje.

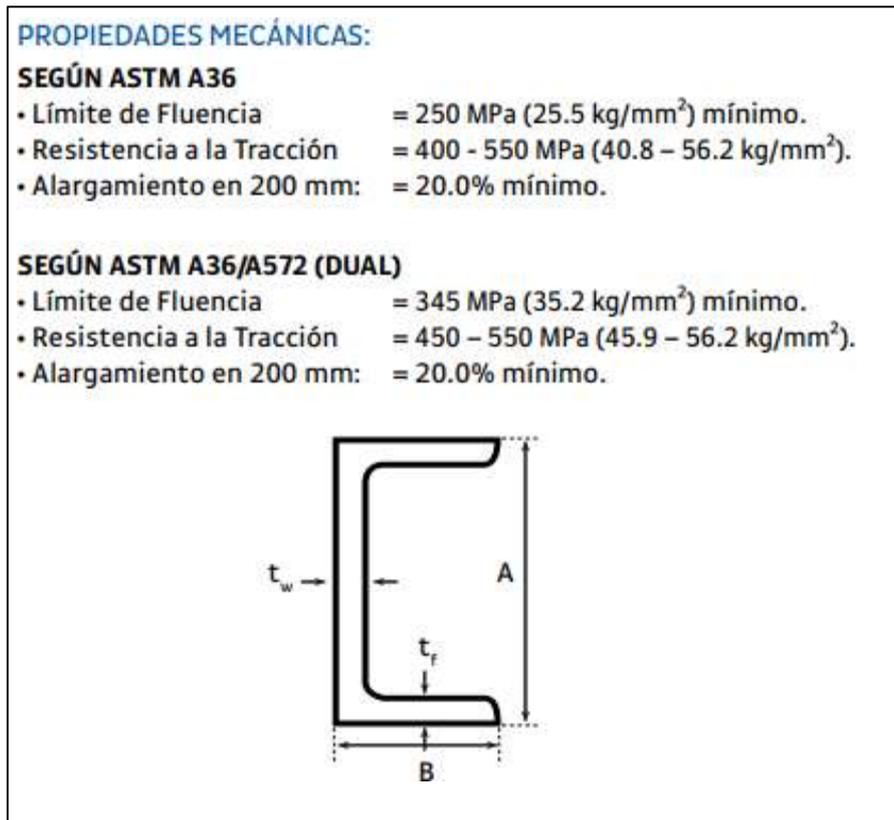


Figura 18: Propiedades mecánicas de canal

Fuente: Aceros Arequipa, 2020

Además, el tiempo total de fabricación se reduce significativamente al reducir la cantidad de soldaduras necesarias. Esta reducción no solo ahorra tiempo, sino que también reduce los costos de trabajo y energía.

En términos de costos, la reducción del número de soldaduras y piezas necesarias puede reducir significativamente los costos de manufactura, no solo en términos de materiales y mano de obra, aprovechando sus dimensiones (figura 19), sino también en términos de herramientas y mantenimiento.

DIMENSIONES ESTÁNDAR:						
DESIGNACIÓN NOMINAL		ÁREA pulg. ²	BASE ALMA(A) pulg.	ALA(B) pulg.	ESPESOR NOMINAL (mm)	
pulg.	lb/pie				ALA(t _w)	BASE/ALMA (t _c)
2"	2.58	0.76	2.00	1.00	4.75	4.75
3"	4.10	1.21	3.00	1.41	6.93	4.32
3"	5.00	1.47	3.00	1.50	6.93	6.55
3"	6.00	1.76	3.00	1.60	6.93	9.04
4"	4.50	1.32	4.00	1.58	7.52	3.18
4"	5.40	1.59	4.00	1.58	7.52	4.67
4"	7.25	2.13	4.00	1.72	7.52	8.15
5"	6.70	1.97	5.00	1.75	8.13	4.83
5"	9.00	2.64	5.00	1.89	8.13	8.26
6"	8.20	2.40	6.00	1.92	8.71	5.08
6"	10.50	3.09	6.00	2.03	8.71	7.98
6"	13.00	3.83	6.00	2.16	8.71	11.10
7"	9.80	2.87	7.00	2.09	9.30	5.33
7"	12.25	3.60	7.00	2.19	9.30	7.98
7"	14.75	4.33	7.00	2.30	9.30	10.64
8"	11.50	3.38	8.00	2.26	9.91	5.59
8"	13.75	4.04	8.00	2.34	9.91	7.70
8"	18.75	5.51	8.00	2.53	9.91	12.37
9"	13.40	3.94	9.00	2.43	10.49	5.92
9"	15.00	4.41	9.00	2.49	10.49	7.24

Figura 19: Dimensiones estándar del canal

Fuente: Aceros Arequipa, 2020

Desde un punto de vista estructural, utilizar un canal de 4"x7,25 libras/pie como una sola pieza mejora la resistencia estructural al eliminar las debilidades inherentes a las juntas soldadas.

➤ **Materiales**

En la tabla 12 detalla los nuevos materiales necesarios para la fabricación de botes metálicos, especificando el número de piezas (NP). Estos materiales han sido seleccionados para cumplir con los requerimientos y especificaciones (tabla 3)

Tabla 7:Lista de materiales

ITEM	Material	Codigo	N° de piezas	ITEM	Material	Codigo	N° de piezas
1	Acero A36	A2	1	6	Acero A36	P1	1
2	Acero A36	A3	1	7	Acero A36	P2	1
3	Acero A36	C-01	6	8	Acero A36	P3	1
4	Acero A36	A1	1	9	Acero A36	A4	2
5	Acero A36	L6x6x3/4	2				

Fuente: Elaboración propia

Los refuerzos del bote metalico (figura 22) conformada por las piezas con código B1, B2, B3, B4 y B5 fueron remplazadas por la pieza con el código C-01, esto redujo significativamente el número de piezas a 16

➤ **Plano del nuevo diseño propuesto**

El diseño del plano (anexo 14) se ha ejecutado con estricta conformidad a los requisitos y especificaciones del producto. Se ha asegurado la precisión y la alineación con los estándares establecidos para garantizar su óptimo desempeño, tomando como referencia los planos facilitados por SERMEC.S.A.C

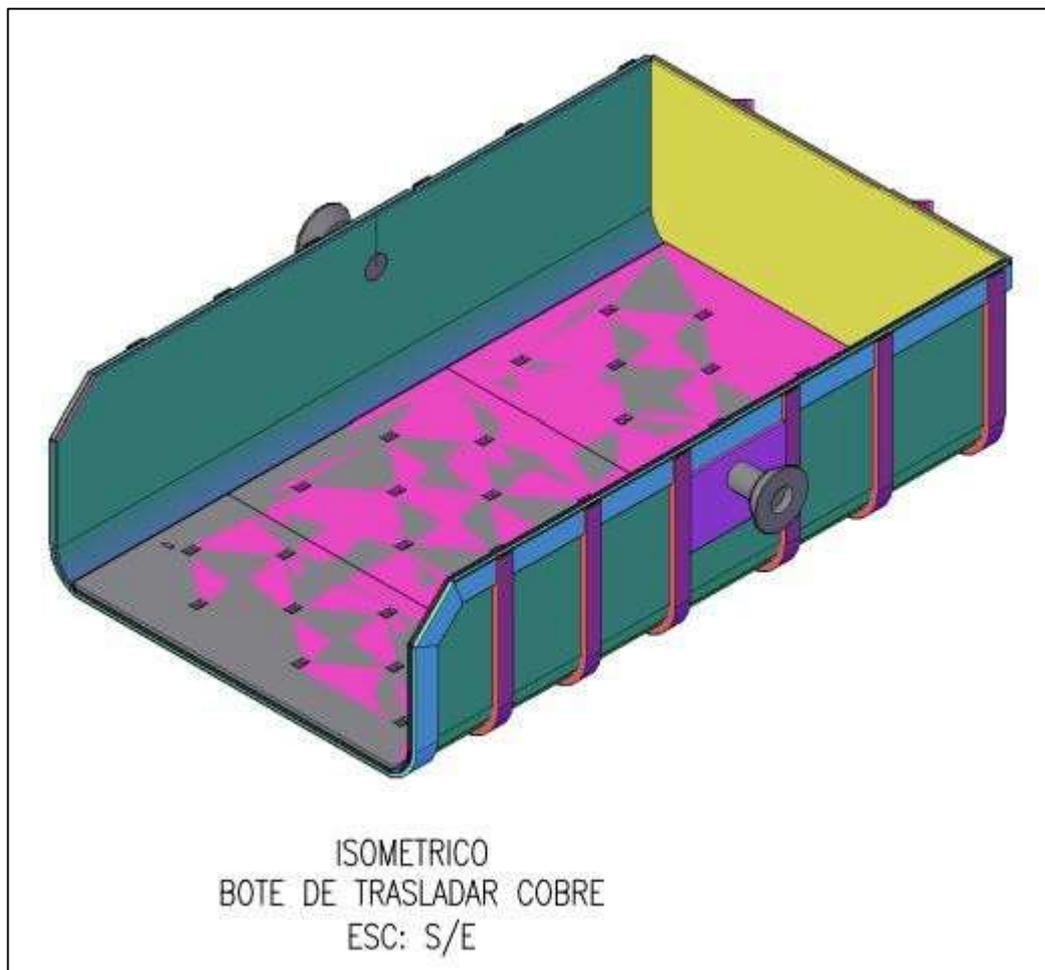


Figura 20: Dibujo isométrico de un bote metálico nuevo.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 21 podemos ver las dimensiones de la nueva pieza, siendo un solo canal 4x7.25lbs/pie doblado en "U", con un radio de curvatura en esquina de 209 mm, radio de curva en la esquina superior de 252.71 mm, la altura es de 1141 mm y un ancho de 2538 mm

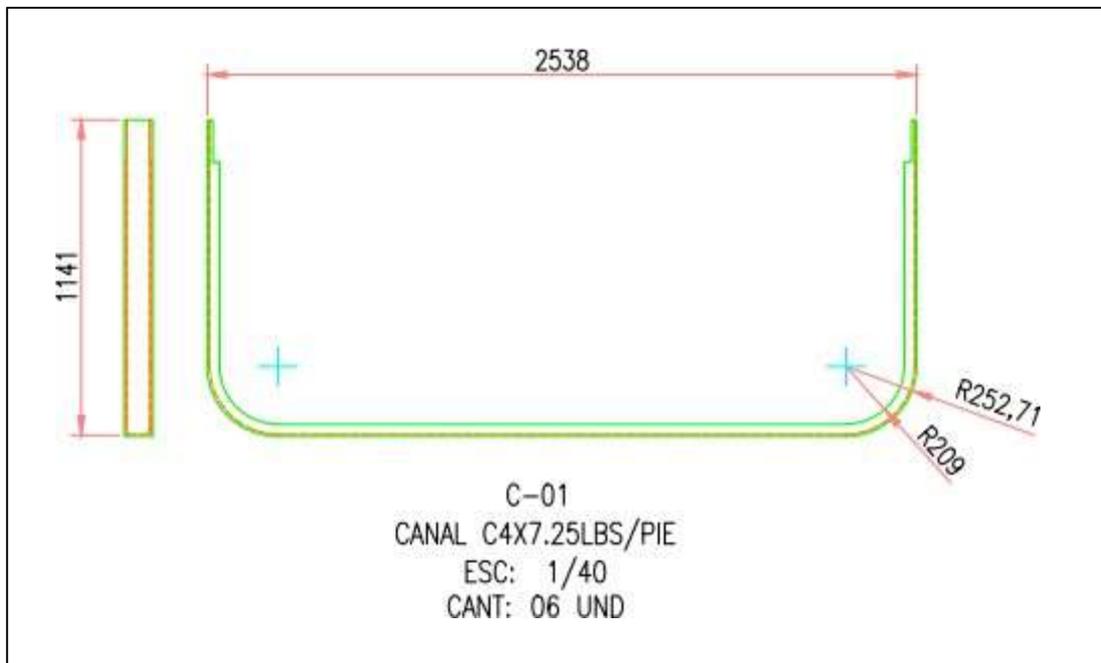


Figura 21: Detalles de fabricación de soportes

Fuente: Elaboración propia

Se realizó un análisis estático de la nueva pieza C-01 (figura 23), para demostrar la efectividad del su diseño, demostrando que la pieza cumple con las especificaciones del diseño, para tener una referencia más clara se realizó la comparativa con el diseño anterior.

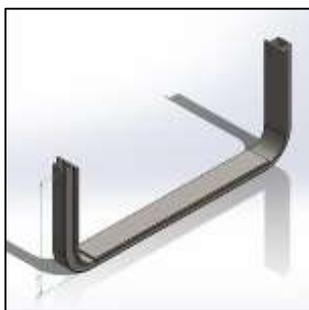


Figura 22: Refuerzo de bote metálico
(B1, B2, B3, B4, B5)

Fuente: Elaboración propia

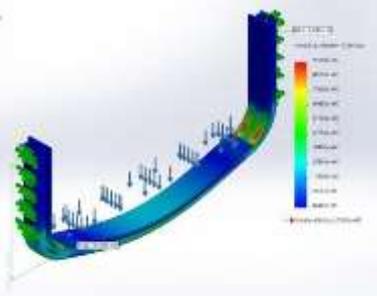
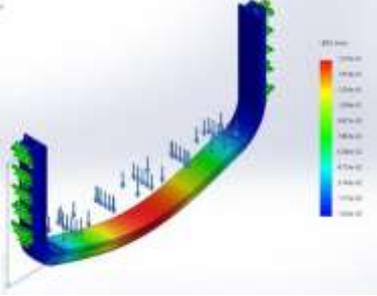
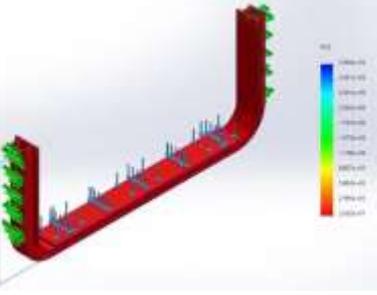
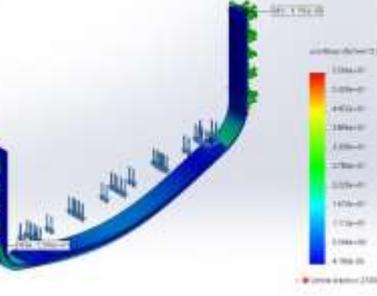


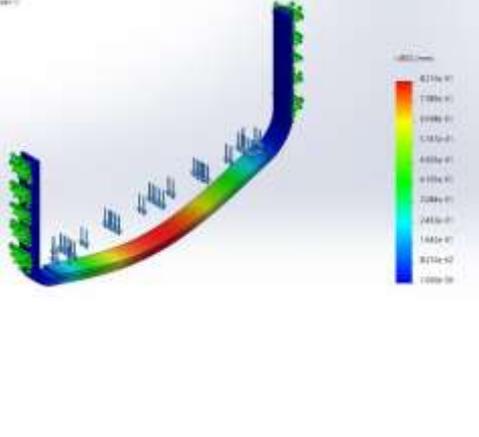
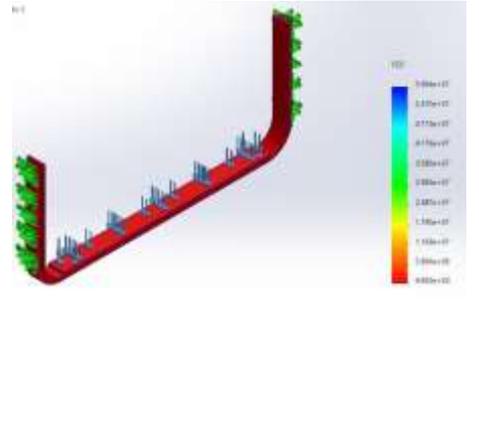
Figura 23: Refuerzo de bote metálico
(C-01: Canla 4x7.25lbs/pie)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 8 los parámetros a comparar son la distribución de tensiones, desplazamiento y factor de seguridad, se utilizó el módulo de análisis de elementos finitos (FEA) de SolidWorks (anexo 15).

Tabla 8. Análisis estático de piezas

Código	Referencia ilustrada	Análisis Estático
RF-1 y Rf-2 soldado		<p>-Tensión de VON MISES: El diseño expuesto a esfuerzo emite una tensión mínima de $8.487e-05 \text{ N/m}^2$ en el punto nodal 3793; y una tensión máxima de 9.500 N/m^2 en el punto nodal 12928.</p>
		<p>-Desplazamientos: Se tiene un desplazamiento máximo de $1.570e-01 \text{ mm}$ en el diseño indicando que este punto es donde ocurrida una flexión a causa de los componentes que está en esa parte, teniendo en cuenta la distribución de estos.</p>
		<p>-Factor de seguridad: Se tiene un factor de seguridad mínimo de 26, esto indica que el diseño está sobredimensionado en exceso, lo cual puede resultar en un uso ineficiente de materiales y costos innecesariamente elevados.</p>
C-01		<p>-Tensión de VON MISES: El diseño expuesto a esfuerzo emite una tensión mínima de $4.190e-06 \text{ N/m}^2$ en el punto nodal 52800; y una tensión máxima de $5.566e+01 \text{ N/m}^2$ en el punto nodal 29412.</p>

	<p>-Desplazamientos: Se tiene un desplazamiento máximo de $8.210e-01$mm en el diseño indicando que este punto es donde ocurrida una flexión a causa de los componentes que está en esa parte, teniendo en cuenta la distribución de estos.</p>
	<p>-Factor de seguridad: Se tiene un factor de seguridad mínimo de 4.5, es apropiado y sugiere un diseño equilibrado. Este valor garantiza la seguridad y durabilidad del producto sin incurrir en un sobredimensionamiento excesivo.</p>

Fuente: Elaboración propia

➤ Propiedades físicas del bote metálico mejorado

En este estudio, se empleó el software de diseño asistido por computadora SolidWorks para realizar un análisis exhaustivo de las propiedades físicas del bote metálico (Anexo 13).

- Densidad = 7850.00 kilogramos por metro cubico
- Masa = 5895.28 kilogramos
- Volumen = 0.75 metro cubico
- Área de superficie = 76.26 metros cuadrados
- Centro de masa (metros) : X=1.85; Y=0.33; Z=-1.27

Para evaluar la distribución de tensiones (figura 22), desplazamiento (figura 23) y factor de seguridad (figura 24), se utilizó el módulo de análisis de elementos finitos (FEA) de SolidWorks.

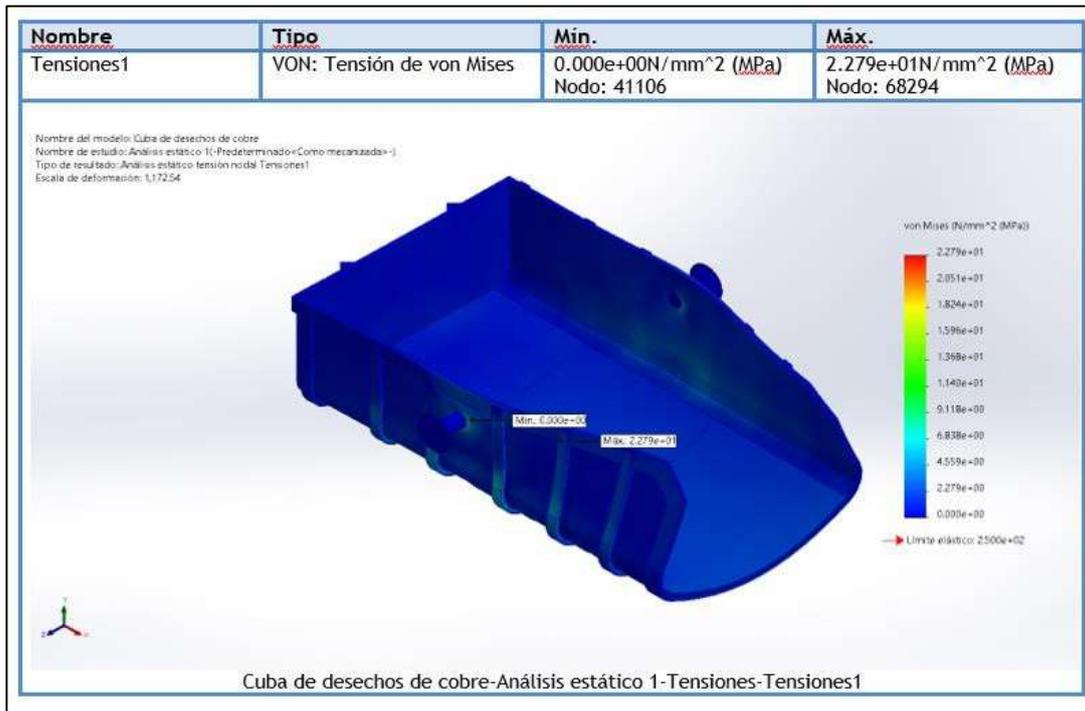


Figura 24: Análisis estático tensión

Fuente: SolidWorks, 2022

En el análisis de tensión nodal realizado (figura 24) con SolidWorks, se determinó que el esfuerzo máximo en el componente es de 22.79 MPa. Este valor está por debajo del límite elástico del material, que es de 250 MPa. Esto indica que el componente opera dentro de un rango seguro de tensiones, minimizando el riesgo de deformación plástica y asegurando la integridad estructural.

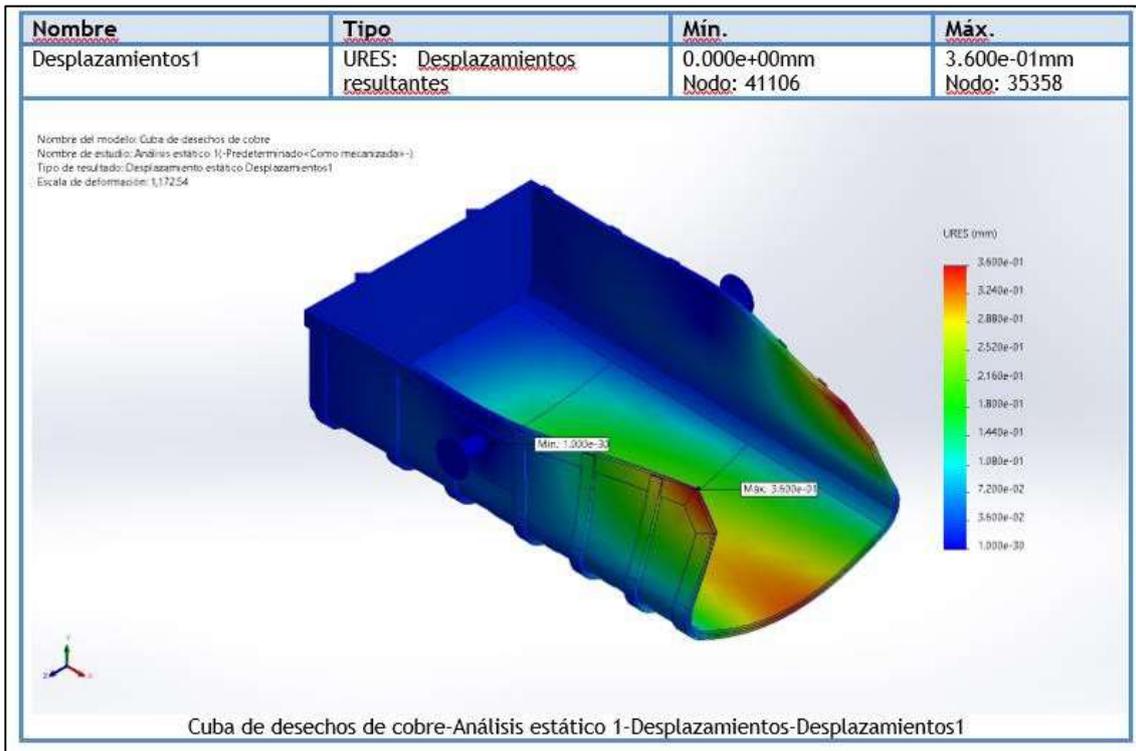


Figura 25: Análisis estático de desplazamiento

Fuente: SolidWorks, 2022

En el Análisis estático de desplazamiento (figura 25) realizado con SolidWorks, se observó un desplazamiento mínimo de $1.000e-30$ mm, lo cual indica que en algunas zonas del componente apenas hay cambios en la posición inicial debido a las cargas aplicadas. Por otro lado, se identificó un desplazamiento máximo de $3.600e-01$ mm, concentrado en áreas específicas donde las cargas generan mayores efectos de deformación.

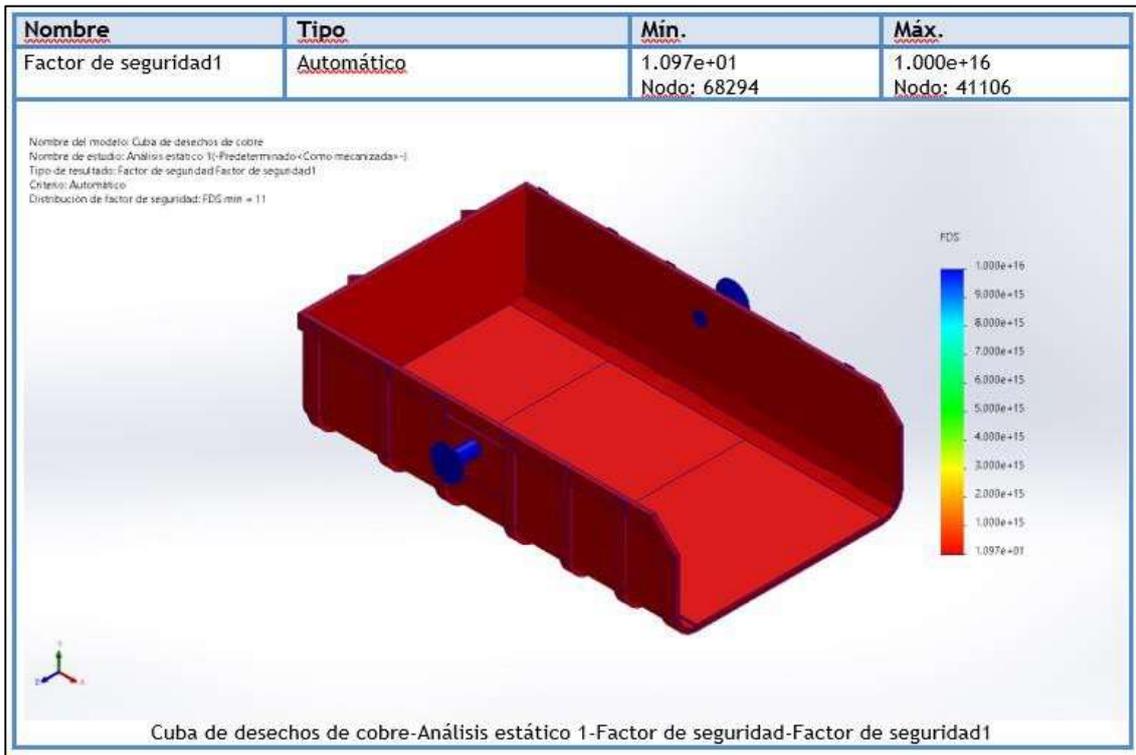


Figura 26: Análisis estático de factor de seguridad

Fuente: SolidWorks, 2022

El factor de seguridad del bote metálico para ánodos es de 11 (figura 26) esto indica que el bote puede soportar 11 veces la carga máxima de 1 tonelada antes de llegar al punto de falla. Este alto valor demuestra que el diseño cumple con los requerimientos y especificaciones (tabla 3). Un factor de seguridad garantiza que el bote pueda soportar las condiciones operativas y posibles sobrecargas sin riesgo de fallas estructurales.

Según el instituto americano de la construcción en acero:

AISC 360-16 - Factor de seguridad:

La norma AISC 360-16 establece los siguientes factores de seguridad mínimos para el diseño de acero estructural:

- Factor de seguridad mínimo (FS): 1.67 para componentes estructurales críticos.

DFM

➤ Definición del equipo de trabajo

En primer lugar, se debe de definir el equipo de trabajo que participará en el proyecto. Se debe de elegir al jefe de proyecto, como responsable y coordinador con este, le acompañará un equipo formado por personas con formación variada. Con mis conocimientos previos como supervisor de calidad, certificado como inspector de soldadura y Llevando a cabo un estudio de tiempos (Anexo 11) se

pudo determinar la duración de cada proceso. Para obtener resultados precisos se calculó los tiempos suplementarios según la Organización Internacional del Trabajo (OIT) en su Tabla de Suplementos OIT-040325 y se realizaron tres ciclos por cada actividad, permitiendo así calcular el tiempo promedio que el operador requiere para completar cada tarea.

La tabla 9 muestra una comparativa entre el personal actual y propuesto para una operación específica, destacando ajustes basados en los principios del Design for Manufacturing and Assembly (DFMA).

Tabla 9: Tabla comparativa del personal de trabajo

Rol	N° de personas (Antes)	N° de personas (Después)	Funciones	Justificación según DFMA
Supervisor de Campo	1	1	Supervisar las operaciones diarias en el campo, asegurando que el trabajo se realice según los estándares y plazos establecidos.	Mantener un supervisor de campo asegura la correcta supervisión y coordinación de las actividades diarias, esencial para una implementación efectiva y oportuna de las mejoras según el DFMA.
Supervisor de Seguridad	1	1	Velar por el cumplimiento de las normas de seguridad, realizar inspecciones y capacitaciones.	Un supervisor de seguridad es indispensable para minimizar riesgos laborales y cumplir con las regulaciones de seguridad, lo que contribuye a la sostenibilidad y eficiencia del proyecto, alineado con los principios del DFMA.
Operario Soldador 3G	3	2	Soldar los componentes asegurando la integridad y calidad de las uniones soldadas.	Reducir el número de operarios soldadores 3G de 3 a 2 se justifica por la posible optimización de procesos y la mejora en la eficiencia laboral, sin comprometer la calidad del trabajo. La racionalización del

				personal puede ser necesaria para mejorar la economía del proyecto sin afectar su éxito.
Operario Armador	3	2	Coordinar, ensamblar y supervisar las tareas de ensamblaje, asegurando el cumplimiento de las especificaciones y estándares.	La reducción de operarios armadores de 3 a 2 sugiere una mejora en los procesos de ensamblaje, posiblemente a través de técnicas más eficientes y automatizadas promovidas por el DFMA, lo que permite mantener la calidad y reducir costos laborales.
Oficial Armador	3	0	Ensamblar componentes y estructuras según planos y especificaciones técnicas.	Aunque no se mantiene en el personal propuesto, sus funciones pueden ser absorbidas por otros roles, mejorando la eficiencia a través de una mejor gestión del equipo y recursos, promoviendo así la multifuncionalidad y flexibilidad del personal conforme al DFMA.
Oficial Soldador	3	2	Realizar soldaduras especializadas	La reducción de 3 a 2 oficiales soldadores puede ser posible debido a la implementación de mejores prácticas de soldadura y el uso de tecnología avanzada que optimiza el tiempo y la precisión del trabajo, manteniendo la calidad necesaria según el DFMA.
Ayudante	3	2	Apoyar en diversas tareas operativas y logísticas, asistir a operarios y oficiales en sus funciones.	La reducción de 3 a 2 ayudantes se justifica si las tareas auxiliares pueden ser realizadas de manera más eficiente, posiblemente a través de la implementación de mejores herramientas y procesos de apoyo, siguiendo los principios del DFMA que buscan

simplificar y mejorar la eficiencia de las operaciones.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 9 nos muestra una reducción en el número de operarios especializados, como soldadores 3G y armadores, así como la eliminación del rol de oficial armador. Estos cambios están orientados a optimizar la eficiencia operativa y reducir costos laborales, mientras se mantiene la supervisión esencial a través de un supervisor de campo y uno de seguridad. Los resultados que obtenemos es una formación de un equipo multidisciplinario con experiencia en diseño, fabricación y ensamblaje; la implementación de esta estrategia generó un ahorro del 54.09% en los costos de mano de obra, equivalentes a S/. 18,797.10 nuevos soles.

➤ **Fabricación**

En el engranaje fundamental de la estrategia de implementación de la Metodología DFMA para el ensamblaje de botes metálicos, la fase de Fabricación se convierte en el epicentro de una transformación minuciosa y cuantitativa.

Primero, se realizó un análisis exhaustivo de cada paso del proceso de fabricación con un estudio de tiempos (Anexo 11), desde la llegada de los materiales hasta el ensamblaje final. Identificaremos áreas de oportunidad cuantificables, evaluando la eficiencia y proponiendo ajustes medibles.

Conociendo el tiempo necesario para cada tarea, se realizó una programación de cargas de trabajo por proceso (Tabla 10)

Tabla 10: Programación de cargas de trabajo por proceso

PROGRAMACION CARGAS DE TRABAJO POR PROCESO												
		Control del producto			Tuno 1			Control de tiempos			15	
N	Procesos	A produc	Und/ Proc	Und/ Pet	Op	hrs	Efici	Cap	USP	Und/ Día	Días	Meta
1	Trabajos Previos	2	0	2	1	8.0	97%	8.0	360.0	1	2	2
2	Realización de Planos de Fabricación	2	0	2	1	8.0	97%	8.0	480.0	1	3	3

3	Habilitado de Materiales	2	0	2	3	8.0	97%	8.0	1,920.0	1	3	3
4	Armado y Soldeo de Piezas	2	0	2	3	8.0	97%	8.0	1,980.0	1	3	3
5	Preparación Superficial y Recubrimiento	2	0	2	1	8.0	97%	8.0	600.0	1	3	3
6	Movilización	2	0	2	1	8.0	97%	8.0	210.0	2	1	1

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 10 nos da los tiempos que se demora cada proceso, los botes metálicos tienen un tiempo programado de fabricación de 15 días con el personal propuesto, después de realizar el estudio de tiempos (Anexo 11) y tener claro cuánto es el tiempo que se demora en cada tarea podemos sacar un tiempo estimado de fabricación de 5550 minutos.

En lo que respecta a la variable eficiencia del diseño será calculada considerando las piezas actuales (tabla 5) y el número de piezas reducidas:

$$Ed = \frac{76 - 16}{76} \times 100 = 78.9\%$$

El resultado de la ecuación es de 78% esto quiere decir que el nuevo diseño es más eficiente logrando así uno de los criterios del DFMA

$$Ep = \frac{20}{15} \times 100 = 133.33\%$$

El resultado del 133.33% indica que el tiempo de producción es un 33.33% más eficiente al aplicar los principios de DFMA. Esto se debe a la reducción del tiempo de producción de 20 días a 15 días. En otras palabras, al optimizar el diseño para la manufactura y el ensamblaje, se logró una reducción significativa en el tiempo necesario para completar la producción.

Posteriormente el estudio se desarrolla a partir de las directrices del método DFMA, que son crear diseños modulares y crear componentes que son fáciles de fabricar.

En el proceso de optimización de la producción utilizando los principios de DFMA, se logró una reducción significativa en la cantidad de planchas de 3/4". Inicialmente, se utilizaban 8 planchas de 3/4", pero al reemplazar el componente RF-1 por un canal de 4" x 7.25 libras, se logró reducir el número de planchas necesarias a 6.

$$N^{\circ} \text{insumos} = \frac{8 \text{ plancha } 3/4 - 6 \text{ planchas } 3/4}{8 \text{ planchas } 3/4} \times 100 = 25 \%$$

Esta sustitución no solo optimizó el uso del material (Planchas de 3/4") en 25%, sino que también contribuyó a una mejora en la eficiencia del proceso de producción. Al emplear el canal de 4" x 7.25 libras/pie, se pudo mantener la funcionalidad y resistencia requeridas, mientras se reducía la cantidad de materia prima utilizada. Esta reducción en el uso de planchas de 3/4" se traduce en un ahorro de costos y tiempo de producción, alineándose con los objetivos de la metodología DFMA.

Validación

➤ Análisis de piezas y componentes.

Esta decisión se fundamenta en los principios del DFMA (Diseño para la Fabricación y el Ensamble), que favorecen la integración de componentes para simplificar el proceso de fabricación. Utilizar una única pieza en lugar de tres partes soldadas no solo reduce la complejidad del ensamblaje y minimiza el riesgo de errores durante la soldadura, sino que también mejora la integridad estructural y la resistencia del conjunto. Esta estrategia no solo optimiza la manufactura del producto, sino que también garantiza que cumpla con los estándares de resistencia y durabilidad requeridos.

➤ Selección de materiales y proceso de fabricación.

El acero AWS A36 fue seleccionado como material para toda la estructura del bote metálico debido a sus propiedades técnicas superiores y su adecuación para las condiciones operativas requeridas. En términos de resistencia mecánica, el acero AWS A36 ofrece una alta resistencia a la tracción, lo cual es esencial para garantizar la integridad estructural del bote frente a las fuerzas y cargas dinámicas a las que puede estar expuesto durante su uso.

El acero A36 se destaca por su excelente soldabilidad, lo que facilita el proceso de fabricación y permite una construcción eficiente del bote. Esto es crucial en el contexto del DFMA (Diseño para la Fabricación y el Ensamble), donde se busca simplificar los procesos de manufactura para reducir costos y mejorar la eficiencia.

➤ **Optimización de ensamblaje.**

A través de estudios de tiempos y aplicando conocimientos en procesos de soldadura, se determinó que el tiempo necesario para fabricar cada bote metálico es de 5550 minutos. Teniendo en cuenta posibles imprevistos y variaciones en el proceso, se estableció un límite de 7200 minutos para la fabricación, proporcionando un margen de seguridad adecuado.

Con esta información clara sobre el tiempo requerido, se reorganizó el equipo de trabajo. La selección del equipo se realizó conforme a los principios del DFMA (Diseño para la Fabricación y el Ensamblaje), que promueven la simplicidad y eficiencia en la manufactura. El equipo se conformó con profesionales especializados en áreas clave del ensamblaje, garantizando una ejecución eficiente y de alta calidad.

El enfoque DFMA redujo los tiempos de inactividad y aumentó la productividad al optimizar la asignación de recursos humanos y materiales. Al reducir el número de componentes necesarios para completar el proceso de ensamblaje, se ha logrado cumplir con la estructura del DFMA. Esta técnica integral de optimización mejora la eficiencia operativa y la viabilidad económica del proyecto de fabricación de botes metálicos. El enfoque del DFMA permitió optimizar la asignación de recursos humanos y materiales, reduciendo los tiempos de inactividad y aumentando la productividad. Al consolidar la simplificación el proceso de ensamblaje por medio de la reducción de piezas, logando cumplir con la estructura del DFMA. Esta estrategia integral de optimización, mejora la eficiencia operativa y la viabilidad económica del proyecto de fabricación de botes metálicos.

3.3. Evaluación de los costos operativos esperados con la implementación del DFMA

En un contexto donde se implementó la propuesta, se estimaron los resultados esperados, los cuales generaron mejoras significativas en varias áreas. En la tabla 11 se presenta una comparativa entre los costos operativos actuales (anexo 9) y los costos esperados (anexo 10).

Tabla 11: Comparativa de costos operativos (Costo actual vs Costo esperado)

Área de Costo	Antes de DFMA	Después de DFMA (Escenario esperado)	Ahorro	Reducción (%)
Mano de Obra	S/. 34,663.20	S/. 15,866.10	S/ 18,797.10	54.09%
Equipos de Seguridad	S/. 2,117.67	S/. 1,380.25	S/ 737.42	34.87%
Materiales	S/.52,410.00	S/.50,740.00	S/ 1670.00	3.19%
Herramientas y Equipos	S/. 2,739.00	S/. 1,974.00	S/ 765.00	27.94%
Transporte y Movilización	S/. 3,000.00	S/. 2,250.00	S/ 750.00	25.00%
Hospedaje y Alimentación	S/. 3,400.00	S/. 1,500.00	S/ 1,900.00	55.88%
Ahorro Total	S/. 98,329.87	S/ 73,710.35	S/ 24,619.52	25.03%

Fuente: Elaboración propia.

Observamos en la tabla 11 un cambios significativos y beneficiosos en sus operaciones. Los costos de mano de obra se redujeron drásticamente en un 54.09%, pasando de S/. 34,663.20 a S/. 15,866.10 nuevos soles, gracias a la optimización del equipo de trabajo y la eficiencia en el proceso, que también redujo el tiempo necesario de 20 a 15 días. Los gastos en seguridad se vieron disminuidos en un 34.87%, bajando de S/. 2,117.67 a S/. 1,380.25 nuevos soles, lo cual refleja mejoras en los protocolos implementados. Aunque los costos de materiales apenas se redujeron un 3.19 %, de S/. 52,410.00 a S/. 50,740.00 nuevos soles, se logró un ahorro significativo del 27.94% en herramientas y equipos, cayendo de S/. 2,739.00 a S/. 1,974.00 nuevos soles. Los gastos de transporte y movilización también se redujeron en un 25.00%, de S/. 3,000.00 a S/. 2,250.00 nuevos soles, mientras que los costos de hospedaje y alimentación de personal registraron la mayor disminución, con un notable 55.88%, bajando de S/. 3,400.00 a S/. 1,500.00 nuevos soles. En conjunto, la implementación de DFMA resultó en un ahorro total de S/. 24,619.52 nuevos soles, demostrando su eficacia para optimizar los costos

Por ende, se consideró la formula correspondiente al indicador diferencial de costos operativos actuales con los costos operativos esperados por el DFMA, con el propósito de obtener la cifra real de los costos de fabricación y montaje de botes metálicos con la implementación del DFMA.

$$\% \text{ ahorro} = \frac{98,329.87 \text{ costos totales act} - 73,710.35 \text{ costos totales Mejoraados}}{98,329.87 \text{ costos totales actuales}} \times 100$$

% ahorro = 25%

En conclusión, al considerar la diferencia entre los costos operativos antes y después de la implementación del DFMA, se obtuvo un ahorro del 25% en los costos, como se muestra en la fórmula detallada anteriormente. Este resultado comprueba la viabilidad económica del DFMA para reducir los costos operativos.

IV. DISCUSIÓN

A partir de la evaluación de costos operativos de fabricación de los botes metálicos en la empresa SERMEC. SAC se detectó que la falta de claridad sobre las responsabilidades asignadas ha llevado a un sobredimensionamiento del personal. Además, debido a la cantidad de desperdicio generado, se está gastando demasiados materiales. Esto se debe a los diseños con muchas uniones, que hacen que el material se desperdicie más durante los cortes y requieren más insumos, como discos de corte de esmeriles. En la investigación de Mercado (Mercado Julca, 2022), demostrado que los costos operativos de la empresa EDICAS SAC Contratistas Generales tienen un sobre costo en materiales, insumos y mano de obra, Mercado utilizó un plan de mantenimiento preventivo como solución. Tanto el DFMA como el plan de mantenimiento preventivo tiene como objetivo reducir costos y mejorar la calidad de los procesos, ambos enfoques tienen un componente preventivo en su metodología. En este estudio se utilizó herramientas tecnológicas como SolidWorks, para tener datos más exactos con respecto al comportamiento del bote metálico con la carga de una tonelada, esta herramienta nos brindó datos importantes como lo es el factor de seguridad, el desplazamiento y la tensión. Además, se utilizó Excel como herramienta principal para la manipulación de datos. Del mismo modo, en su investigación (Fuquene, Rafael Alfonso, et al., 2024) para su diseño y modelado de piezas, usó SolidWorks para simular el funcionamiento de los mecanismos tanto individualmente como en conjunto, identificar y corregir posibles fallas antes de la fabricación y ensamblaje. También optó por Excel para sistematizar y sensibilizar los cálculos necesarios. SolidWorks permite a los diseñadores ingresar valores de entrada y obtener resultados y gráficos casi de inmediato, lo que facilita la validación de los resultados según las condiciones requeridas (tabla 3).

El enfoque DFMA redujo los tiempos de inactividad y aumentó la productividad al optimizar la asignación de recursos humanos y materiales. Al reducir el número de componentes necesarios para completar el proceso de ensamblaje, se ha logrado significativamente una mejora en el diseño utilizando el DFA. Esta técnica integral de optimización mejora la viabilidad económica del proyecto de fabricación de botes metálicos. Al igual que en la investigación de (Acosta la rotta, Camilo, et al, 2024) que desarrolló una propuesta inicial para diseñar mecanismos para Tablecortes S.A.S. utilizando pautas para simplificar el diseño, facilitar la fabricación y reducir significativamente los tiempos y los costos al crear procesos organizados o modulares para la fabricación del mecanismo didáctico. Estos resultados se obtuvieron al considerar varios aspectos formalizados de la guía metodológica DFMA.

Las configuraciones del diseño del bote metálico se determinaron mediante el diseño conceptual, siguiendo la guía de la metodológica DFMA, analizando el diseño brindado por la empresa SERMEC.SAC. y mejorándolo, el diseño propuesto fue sometido a simulaciones para comprobando su eficacia. Asimismo, para Ospina (Ospina riveros, Anderson Orlando, et al, 2022) fue posible definir las geometrías de ambas luminarias y establecer inicialmente unos bosquejos que comprendían esquemas generales de cada una a través del desarrollo del diseño conceptual sugerido la guía,

Los planos del diseño original del bote metálico, me sirvieron como diseño conceptual y me dio una idea más clara, para yo realizar mi diseño, el diseño proporcionado por la empresa SERMEC S.A.C cuenta con 13 componentes con 11 tipos diferente, mientras que el diseño propuesto siguiendo el DFMA tiene 9 componentes con 6 tipos diferentes, el costo de operativo del nuevo de los botes metálicos sería de S/ 73,710.35 soles, tomando un tiempo de fabricación de 5550 minutos. De manera similar en el estudio de (Yunus & Susilawati, 2020), el objetivo era crear un diseño eficiente de dispositivo portátil que sea fácil de transportar, Yunus desarrolló un cuestionario de desarrollo de producto. Los datos obtenidos del cuestionario de desarrollo se pueden utilizar como diseño conceptual (boceto) para el análisis basado en DFMA. A partir del proceso DFMA, el diseño de innovación para el proceso de soldadura consto de 22 componentes con 12 tipos diferentes de componentes. El diseño innovador del codo auxiliar en el proceso de soldadura se denomina dispositivo de soldadura

de ángulos ajustables. El costo utilizado para fabricar esta herramienta es de Rp. 87.953 (20.44 Sol peruano) y el tiempo de montaje y fabricación es de 97 minutos 47 segundos. Es importante destacar que ambos estudios tenemos resultados positivos utilizando la metodología del DFMA

La ecuación de la eficiencia del diseño según los criterios del DFMA, nos da como resultado que el diseño es un 78% más eficiente, este resultado fue posible tomando la decisión de usar menos partes soldadas, el diseño fue comprobado por medio del análisis de elementos finitos de SolidWorks, otro de los resultados significativos es el ahorro del 25% en los costos operativos, esto comprueba que el DFMA es un método exitoso y económicamente viable, como lo comprueba Butt en su artículo (Butt & Jedi, 2020) en el cual propuso el rediseño de un sistema transportador TTC de flexión lateral. El diseño existente del sistema transportador TTC se analizó utilizando el software DFMA 9.3. Los resultados del análisis inicial se utilizaron para rediseñar el sistema transportador TTC para mejorar los costos y la eficiencia del diseño. Probó adicionalmente su rendimiento estructural mediante análisis de elementos finitos. El modelo rediseñado mostró mejoras sustanciales con reducciones de costos del 29% y un aumento en la eficiencia del diseño del 1,7% al 5%.

En su investigación (Ramírez del Toro, et al., 2020) identifica varias razones por las cuales no se implementa DFMA tales como la falta de tiempo, falta de admisión por parte de los diseñadores, bajos costos de montaje, poca rentabilidad a volúmenes bajos de producción y que el DFMA conduce a productos más difíciles de mantener. Sin embargo, este estudio demostró que el DFMA ofrece ventajas significativas en el diseño y los costos. En el campo del diseño, hace que el proceso de ensamblaje sea más sencillo y el producto sea de mayor calidad. En cuanto a los costos, reduce el gasto en materiales y mano de obra al eliminar componentes innecesarios, minimizar las modificaciones costosas y los reprocesos, y aumentar la eficiencia de la producción, lo que resulta en una mayor rentabilidad. A menudo se cree erróneamente que esta metodología no es necesaria para producciones como esta, Sin embargo, considero que es aún más importante en producciones de bajo volumen, ya que un buen diseño inicial resulta crucial cuando las cantidades de producción son pequeñas.

V. CONCLUSIONES

1. La implementación del Diseño para Fabricación y Ensamblaje, redujo el costo de fabricación de 2 botes metálicos en un 25 %, esto nos demuestra que la metodología DFMA es eficaz para la reducción de costo operativos mejorando la eficiencia del proceso de fabricación.
2. A través de una evaluación se obtuvo que la sobredimensión del personal hace que el costo de la mano de obra sea muy alto, representando el 41.35% de los costos operativos. Asimismo, los materiales también son significativos, constituyendo el 44.25%, se observó un gasto excesivo en materiales debido a un alto nivel de desperdicio. Esto se debe al diseño que requieren múltiples uniones, lo cual provoca una mayor pérdida de material durante los cortes y un consumo innecesario de insumos como discos de corte de esmeriles
3. A través del análisis detallado de las etapas que componen la Metodología DFMA, se pudo comprender las estrategias y funciones específicas que cada una emplea para reducir los costos operativos en los procedimientos de fabricación y montaje de botes metálicos. Cada etapa se enfocó en fundamentar posibles mejoras óptimas, abordando aspectos como la definición estratégica de los productos, el diseño conceptual, la materialización y detalle del diseño, la generación de prototipos iniciales y la validación para la producción.
4. Como resultado de la implementación de la Metodología DFMA, se logró una notable reducción en los costos operativos. Inicialmente, antes de aplicar esta metodología, los costos ascendían a S/. 98,329.87 nuevos soles, lo que representaba un exceso de gastos para la empresa. Tras la mejora, se realizó una evaluación que arrojó un total de S/. 73,710.35 nuevos soles, evidenciando una diferencia de S/. 24,619.52 nuevos soles entre los costos antes y después de la implementación de la Metodología DFMA, confirmando su viabilidad económica

VI. RECOMENDACIONES

- La implementación de la metodología DFMA en productos soldados requiere el uso de un modelo de diseño y una base de conocimientos integrados y estructurados para garantizar su aplicación sencilla.
- Esta metodología es versátil y puede adaptarse a diversos contextos, aunque es necesario ajustarla específicamente a los diferentes procesos o productos en consideración.
- Para los ingenieros recién graduados, esta metodología se presenta como una herramienta invaluable. Les proporciona orientación y ejemplos para organizar sus ideas, conceptos y tareas de diseño de manera eficaz, alineándose con la filosofía concurrente y las metodologías contemporáneas de diseño.
- Para la empresa, la metodología DFMA se convierte en una herramienta metodológica que organiza los datos y facilita su recopilación. Sirve como columna vertebral procedimental en la búsqueda de la acreditación de productos y la certificación de calidad. Además, permite obtener indicadores precisos sobre futuros contratos de fabricación y montaje mediante la evaluación económica del producto vendido.

REFERENCIAS

- Acosta la rotta, Camilo, et al. Diseño y fabricación de mecanismo didáctico de accionamiento manual mediante metodología DFMA-Diseño para fabricación y ensamble—para la empresa Tablecortes SAS. 2024. <https://repositorio.uan.edu.co/server/api/core/bitstreams/78ab5aeb-9ff5-40a4-86aa-af86a052241d/content>
- Ahire, A. A., Chaudhari, A. B., Ahirrao, O. S., & Sarode, V. B. (2021). Increasing Productivity Through Implementation of 5S Methodology In A Manufacturing Industry A Case Study. *International Journal of Scientific Research in Multidisciplinary Studies*, 7(7), 51–57. <https://doi.org/10.26438/ijrms/v7i7.5157>
- Arbieto, M., Vasquez, J., Altamirano, E., Alvarez, J., & Marcelo, E. (2020). Lean Manufacturing tools applied to the metalworking industry in Perú. In *2020 Congreso Internacional de Innovación y Tendencias En Ingeniería, CONIITI* (pp. 1-5). <https://doi.org/10.1109/CONIITI51147.2020.9240362>
- Arias-gonzales, J. (2021). Diseño y metodología de la investigación (Issue June).
- Banga, H. K., Kumar, R., Kumar, P., Purohit, A., Kumar, H., & Singh, K. (2020). Productivity improvement in manufacturing industry by lean tool. *Materials Today: Proceedings*, 28, 1788–1794. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.195>
- Baranda, E. (2023). Improving Sustainability in Industrial Plant Construction- Available Tools and Methods. In *Global Challenges for a Sustainable Society. EURECA-PRO 2022* (pp. 172–180). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-25840-4_21
- Barrios, E. (2017). *Ciclo de Vida de un Producto y sus estrategias relacionadas*. Universidad Nacional de La Patagonia Austral.
- Bernal, C. A. (2006). Metodología de la Investigación (F. H. Carrasco (ed.); 2da ed.). Leticia Gaona Figueroa.
- Budiprasojo, A., Zain, A. T., & Karimah, C. N. (2022). Optimization Design for Manufacturing and Assembly Method in Multifeedstock Jember Biodiesel Processor. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 980(1), 012066. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/980/1/012066>
- Cárdenas, B. E., Guamán, M. M., Siguenza-Guzman, L., & Segarra, L. (2020). Integración de información de costos para la toma de decisiones en industrias de ensamblaje. *Revista Economía y Política*, (31), 100-117. <https://doi.org/10.25097/rep.n31.2020.07>
- Cajusol baldera, Henry Paul. (2020) Diseño de una máquina trituradora de botellas de plástico de 25 kg/h para la empresa recicladora “Bravo”-Tucume, Lambayeque. <https://hdl.handle.net/20.500.12802/6677>

- Clews, R. J. (2016). Chapter 16 - Project Economics and Cashflow Forecasting. In *Project Finance for the International Petroleum Industry* (pp. 289-310). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800158-5.00016-5>
- Coba-Salcedo, M. F., Vanegas-Rojas, G., Vargas-Henríquez, L., & Rodríguez-Peña, A. (2020). Aplicación de la ingeniería concurrente orientada a la fabricación de una herramienta para la extracción tuerca-corona en una excavadora. *Revista UIS Ingenierías*, 20(1), 197-212. <https://doi.org/10.18273/revuin.v20n1-2021017>
- Cohen, Y., Faccio, M., Pilati, F., & Yao, X. (2019). Design and management of digital manufacturing and assembly systems in the Industry 4.0 era. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 105(9), 3565–3577. <https://doi.org/10.1007/s00170-019-04595-0>
- Collarini, C. R., Pettingill, H. S., & Stires, J. L. (2022). Chapter 20 - Economic considerations and market condition effects in Deepwater. In *Deepwater Sedimentary Systems. Science, Discovery and Applications* (pp. 693-772). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91918-0.00005-0>
- Correa, J. M., & Roman, C. E. (2022). *Control de calidad para la mejora del proceso de soldadura en una empresa perforadora de crudo – Talara* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20500.12692/108351>
- Crundwell, F. K. (2016). Chapter 3 - Evaluation and Funding of Capital Projects in Mining. In *Gold Ore Processing. Project Development and Operations* (pp. 31-41). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63658-4.00003-7>
- Daniyan, I., Mpofu, K., Ramatsetse, B., Zeferino, E., Monzambe, G., & Sekano, E. (2020). Design and simulation of a flexible manufacturing system for manufacturing operations of railcar subassemblies. *Procedia Manufacturing*, 54, 112–117. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2021.07.018>
- Edwards, W., & Duffy, P. (2014). Farm Management. In *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems* (pp. 100-112). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52512-3.00111-X>
- El-Nounu, A., Popov, A., & Ratchev, S. (2018). Redesign methodology for mechanical assembly. *Research in Engineering Design*, 29, 107–122. <https://doi.org/10.1007/s00163-017-0255-6>
- Fernández, J., López, V., Lamas, R., & Nuño, R. M. (2012). *Diseño para fabricación y ensamblaje*. http://www.prodintec.es/attachments/article/272/fichero_15_4333.pdf
- Flores, L. R., & Blanco, J. O. (2021). Determinación de costos operativos y su incidencia en la rentabilidad económica y financiera de las empresas de transportes urbano de pasajeros de la ciudad de Puno – Perú. *Actualidad*

- Fuquene, Rafael Alfonso, et al. Sistematización del proceso de diseño y fabricación de mecanismos recreativos mediante metodología DFMA- Diseño para fabricación y ensamble—para la empresa Tablecortes SAS. 2024. <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/9203>
- Formentini, G., Boix Rodríguez, N., & Favi, C. (2022). Design for manufacturing and assembly methods in the product development process of mechanical products: a systematic literature review. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 20, 4307–4334. <https://doi.org/10.1007/s00170-022-08837-6>
- Formentini, G., Bouissiere, F., Cuiller, C., Dereux, P. E., & Favi, C. (2022). Conceptual Design for Assembly methodology formalization: systems installation analysis and manufacturing information integration in the design and development of aircraft architectures. *Journal of Industrial Information Integration*, 26, 100327. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2022.100327>
- Formigoni, A., Tallach, V., Maiellaro, J. R., Ribeiro, R. B., Simões, E. A., Peterossi, H. G., & Piacente, F. J. (2021). Aplicação da metodologia DFMA para elaboração de um Projeto de Melhoria em Processo Produtivo. *Conjecturas*, 21(5), 818–833. <https://doi.org/10.53660/conj-332-608>
- Gao, S., Jin, R., & Lu, W. (2020). Design for manufacture and assembly in construction: a review. *Building Research and Information*, 48(5), 538–550. <https://doi.org/10.1080/09613218.2019.1660608>
- Gejo-García, J., Reschke, J., Gallego-García, S., & García-García, M. (2022). Development of a System Dynamics Simulation for Assessing Manufacturing Systems Based on the Digital Twin Concept. *Applied Sciences*, 12(4), 1–23. <https://doi.org/10.3390/app12042095>
- Haddad, T., Shaheen, B. W., & Németh, I. (2021). Improving Overall Equipment Effectiveness (OEE) of Extrusion Machine Using Lean Manufacturing Approach. *Manufacturing Technology*, 21(1), 56–64. <https://doi.org/10.21062/mft.2021.006>
- Heravi, G., Kebria, M. F., & Rostami, M. (2021). Integrating the production and the erection processes of pre-fabricated steel frames in building projects using phased lean management. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 28(1), 174–195. <https://doi.org/10.1108/ECAM-03-2019-0133>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Education.

- Huang, C. Y., Lee, D., Chen, S. C., & Tang, W. (2022). A Lean Manufacturing Progress Model and Implementation for SMEs in the Metal Products Industry. *Processes*, 10(5), 835. <https://doi.org/10.3390/pr10050835>
- Lee, J., Lapira, E., Bagheri, B., & Kao, H. (2013). Recent advances and trends in predictive manufacturing systems in big data environment. *Manufacturing Letters*, 1(1), 38-41. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2013.09.005>
- Lozada, J. (2014). Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria. *CienciaAmérica*, 3, 34–39. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749>
- Lu, W., Tan, T., Xu, J., Wang, J., Chen, K., Gao, S., & Xue, F. (2021). Design for manufacture and assembly (DfMA) in construction: the old and the new. *Architectural Engineering and Design Management*, 17(1–2), 77–91. <https://doi.org/10.1080/17452007.2020.1768505>
- Medellin-Castillo, H. I., & Zaragoza-Siqueiros, J. (2019). Design and Manufacturing Strategies for Fused Deposition Modelling in Additive Manufacturing: A Review. *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, 32(1), 53. <https://doi.org/10.1186/s10033-019-0368-0>
- Mercado julca, Jose Luis. Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para reducir los costos operativos del área de maquinaria y equipos Edicas SAC Contratistas Generales, Trujillo 2022. 2022. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/102431>
- Ñaupas, H., Mejía, E., Novoa, E., & Villagómez, A. (2014). *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis*. Ediciones de la U.
- Nawanir, G., Lim, K. T., Lee, K. L., Okfalisa, Moshood, T. D., & Ahmad, A. N. A. (2020). Less for more: The structural effects of lean manufacturing practices on sustainability of manufacturing SMEs in Malaysia. *International Journal of Supply Chain Management*, 9(2), 961–975.
- Niebles, E. (2007). Model of design and knowledge in technologies of weld for the welded product development. *Scientia Et Technica*, XIII, 473–478.
- OSPINA RIVEROS, Anderson Orlando, et al. Diseño y fabricación de dos prototipos de lámparas colgantes en madera con potencia máxima de 30 W para iluminación de interiores mediante metodología (DFMA) e ingeniería inversa para la empresa Tablecortes SAS. 2022. https://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/7149/1/2022_TG_LA_MPARAS_%20ANDERSON%20OSPINA-GUILLERMO%20PIRAQUIVE_2022_2.pdf.
- Pinheiro, N. M. G., Ordoñez, R. E. C., Barbosa, G. L. L., & Dedini, F. G. (2018). Computational simulation applied in choosing the best solution in a product development using design for manufacturing and assembly

- approach. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 15(4), 618–628. <https://doi.org/10.14488/bjopm.2018.v15.n4.a15>
- Răduică, F. F., & Simion, I. (2023). Design for Manufacturing and Assembly of a Finger Subassembly for a Prosthetic Device. *UPB Scientific Bulletin, Series D: Mechanical Engineering*, 85(3), 205–218.
- Ramírez del TORO, José Joaquín. Análisis de datos de mercado real y comparación con los datos de DFMA en mecanizado. 2020. <https://idus.us.es/handle/11441/107694>.
- Rausch, C., Nahangi, M., Perreault, M., Haas, C. T., & West, J. (2017). Optimum assembly planning for modular construction components. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 31(1), 04016039.
- Serrano-Mira, G.M. Bruscas-Bellido, J.V. Abellán-Nebot, P. Rosado-Castellano, F., & Romero-Subirón. (2019). Diseño de un Kit Modular para Mejorar el Aprendizaje de los Conceptos de Diseño para Ensamblaje (DFA). In *XXVII Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas* (pp. 1–10).
- Simanca bustamante, Alexander, et al. Diseño y construcción de un equipo de laminación de roscas en frío para aluminio implementando la metodología DFMA. 2020. https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/ucordoba/3649/5/simanca_bustamantealexander-galvisdoriaoscar.pdf
- Shete, T. S., Kulkarni, P. R., & Pawar, P. V. (2018). Design For manufacturing and assembly (DFMA) technique applicable for cost reduction - A review. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development*, 9(1), 81–86. <https://doi.org/10.24247/ijmpedfeb20199>
- Szinai, J. K., Sheppard, C. J. R., Abhyankar, N., & Gopal, A. R. (2020). Reduced grid operating costs and renewable energy curtailment with electric vehicle charge management. *Energy Policy*, 136, 111051. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111051>
- Tan, T., Lu, W., Tan, G., Xue, F., Chen, K., Xu, J., Wang, J., & Gao, S. (2020). Construction-Oriented Design for Manufacture and Assembly Guidelines. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(8), 1–12. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0001877](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0001877)
- Tuvayanond, W., & Prasittisopin, L. (2023). Design for Manufacture and Assembly of Digital Fabrication and Additive Manufacturing in Construction: A Review. *Buildings*, 13(2), 429. <https://doi.org/10.3390/buildings13020429>
- Velmurugan, V., Karthik, S., & Thanikaikarasan, S. (2020). Investigation and implementation of new methods in machine tool production using lean manufacturing system. *Materials Today: Proceedings*, 33, 3080–3084. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.03.654>

- Wang, B., Tao, F., Fang, X., Liu, C., Liu, Y., & Freiheit, T. (2021). Smart Manufacturing and Intelligent Manufacturing: A Comparative Review. *Engineering*, 7(6), 738-757. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2020.07.017>
- Yuan, Z., Sun, C., & Wang, Y. (2018). Design for Manufacture and Assembly-oriented parametric design of prefabricated buildings. *Automation in Construction*, 88, 13–22. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.12.021>

ANEXOS

Anexo 1. Tabla de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA
VARIABLE INDEPENDIENTE METODOLOGÍA DFMA	El DFMA cuyo significado es “Design for Manufacturing and Assembly” – “Diseño para la Fabricación y el Montaje”, consiste en un conjunto de técnicas y metodologías para la mejora del diseño, o rediseño, de un producto y tienen como objetivo principal mejorar los aspectos de fabricabilidad, montabilidad y costes, respetando las funciones esenciales del producto. (Fernández et al., 2012)	Se medirá a través de las etapas o principios conocidas como la reducción de número de piezas, minimizar el número de laminado para la fabricación de los botes metálicos, estandarización, simplificación de producción y mejora de calidad	Eficiencia del diseño	$\frac{\sum n^{\circ} \text{ de piezas totales act} - \sum n^{\circ} \text{ de piezas reducidas}}{\sum n^{\circ} \text{ de piezas totales act}} \times 100$	Razón
			Reducción de número de insumos para la fabricación de botes metálicos.	$\frac{\sum n^{\circ} \text{ de laminados utilizados act} - \sum n^{\circ} \text{ de laminados utilizados post}}{\sum n^{\circ} \text{ de laminados utilizados act}} \times 100$	Razón
			Estandarización de procesos	selección de procedimientos de ensamblaje y fabricación.	Nominal
			Eficiencia de producción	$E_p = \frac{\sum \text{ tiempo estándar estimado para completar la producción sin DFMA}}{\sum \text{ tiempo estimado para completar la producción con DFMA}} \times 100$	Razón

<p>VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>COSTOS OPERATIVOS DE FABRICACIÓN Y ENSAMBLAJE</p>	<p>Si se desea reducir los costes de un producto, una posible línea de actuación sería a través del DFMA mediante una optimización del diseño del producto. Las empresas, tradicionalmente, diseñan un producto asumiendo que los costes de fabricación y montaje son los mismos que los de productos similares. En ocasiones, los propios diseñadores carecen de la información necesaria que les permita cuantificar los costes de cada conjunto o soluciones alternativas. (Fernández et al., 2012)</p>	<p>Se identificará los Costes de desarrollo, fabricación y utillaje; Plazos de desarrollo y tiempo para el mercado del producto conocido como botes metálicos por ánodos</p>	<p>Relación de costos actuales vs costos mejorados en los procesos de ensamblaje y fabricación en la empresa.</p>	$\frac{\sum \text{costos totales act} - \sum \text{costos totales Mejoraados}}{\sum \text{costos totales actuales}}$	<p>Razón</p>
--	--	--	---	--	--------------

Anexo 2. Instrumentos de recolección de datos

COSTOS OPERATIVOS Y MATERIAS

1.- COSTO DE MANO DE OBRA EN DIAS UTILES

DESCRIPCION	COSTO TOTAL (SIN IGV)
EMPLEADOS	
OBRAJOS	
HORAS EXTRAS	
TOTAL COSTO MANO DE OBRA	S/.-

1.1 ESTRUCTURA DE COSTOS

REMUNERACIONES	Nº TRABAJADORES	COSTO LÍM. DIA	SUBTOTAL DE DIA	DÍAS DE TRABAJO	TOTAL
REMUNERACIONES EMPLEADOS					
SUPERVISOR DE CAMPO					
REMUNERACION DIARIA					
ASIGNACION FAMILIAR (10% RMV)					
DOMINICAL					
LEYES SOCIALES (8% ESSALUD, 1.87% SCTR)					
PROVISIONES					
VACACIONES, GRATIFICACIONES, CTS					
BONIFICACION EXTRAORDINARIA					
LEYES SOCIALES SOBRE PROVISIONES (8% ESSALUD, 1.87% SCTR)					
SUPERVISOR DE SEGURIDAD					
REMUNERACION DIARIA					
ASIGNACION FAMILIAR (10% RMV)					
DOMINICAL					
LEYES SOCIALES (8% ESSALUD, 1.87% SCTR)					
PROVISIONES					
VACACIONES, GRATIFICACIONES, CTS					
BONIFICACION EXTRAORDINARIA					
LEYES SOCIALES SOBRE PROVISIONES (8% ESSALUD, 1.87% SCTR)					
REMUNERACIONES OBREROS					
OPERARIO SOLDADOR 30					
REMUNERACION DIARIA					
ASIGNACION FAMILIAR (10% RMV)					
DOMINICAL					
LEYES SOCIALES (8% ESSALUD, 1.87% SCTR)					
PROVISIONES					
VACACIONES, GRATIFICACIONES, CTS					
BONIFICACION EXTRAORDINARIA					
LEYES SOCIALES SOBRE PROVISIONES (8% ESSALUD, 1.87% SCTR)					
OPERARIO ARMADOR					
REMUNERACION DIARIA					
ASIGNACION FAMILIAR (10% RMV)					
DOMINICAL					
LEYES SOCIALES (8% ESSALUD, 1.87% SCTR)					
PROVISIONES					
VACACIONES, GRATIFICACIONES, CTS					
BONIFICACION EXTRAORDINARIA					
LEYES SOCIALES SOBRE PROVISIONES (8% ESSALUD, 1.87% SCTR)					
OFICIAL ARMADOR					
REMUNERACION DIARIA					
ASIGNACION FAMILIAR (10% RMV)					
DOMINICAL					
LEYES SOCIALES (8% ESSALUD, 1.87% SCTR)					
PROVISIONES					
VACACIONES, GRATIFICACIONES, CTS					
BONIFICACION EXTRAORDINARIA					
LEYES SOCIALES SOBRE PROVISIONES (8% ESSALUD, 1.87% SCTR)					
OFICIAL SOLDADOR					
REMUNERACION DIARIA					
ASIGNACION FAMILIAR (10% RMV)					
DOMINICAL					
LEYES SOCIALES (8% ESSALUD, 1.87% SCTR)					
PROVISIONES					
VACACIONES, GRATIFICACIONES, CTS					
BONIFICACION EXTRAORDINARIA					
LEYES SOCIALES SOBRE PROVISIONES (8% ESSALUD, 1.87% SCTR)					
AYUDANTE					
REMUNERACION DIARIA					
ASIGNACION FAMILIAR (10% RMV)					
DOMINICAL					
LEYES SOCIALES (8% ESSALUD, 1.87% SCTR)					
PROVISIONES					
VACACIONES, GRATIFICACIONES, CTS					
BONIFICACION EXTRAORDINARIA					
LEYES SOCIALES SOBRE PROVISIONES (8% ESSALUD, 1.87% SCTR)					
TOTAL COSTO MANO DE OBRA DIA UTIL					

COSTOS OPERATIVOS Y MATERIAS

&D1f11-Y-IWWDII

			(OS)0t.alfAII0	W
IIU:PIIIDI--tARM:ADUY(DIIIIIItDIIC)				
t...-c.ut,J.MA- YCI'II' CII IIIIOOII				
tofAICOFOIO--tKIOII'				

7.- HOSPEDAJE Y ALIMENTACIÓN DE PERSONAL

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD PERSONAL	CANTIDAD DIAS
ALIMENTACIÓN		
TOTAL COSTO HOSPEDAJE Y ALIMENTACIÓN		

(OS)0t.alfAII0

8.- HOSPEDAJE Y ALIMENTACIÓN DE PERSONAL

ICIFAIC0S10-riff.YCIO		
I.-COI100C-OC-rII'OIII.1ui...ff		✓
J..t.al- I M'IIICITOSCCIIIOI.I-		
;-...nw,II,I,AVIII.IIIMUIri -		
..Fa,a,,,r"-AJ		
8.t.r---		
Ii-.r--n1t.IIO)IIm ""-		✓
.. _I/W.U_UU,-0		
	-R	
tofR-IIallrIKI.Y100		

Anexo 3: Evaluación por jueces expertos

"11 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

C ONSTANCIA DE VAILIDAC IÓN

Yo EDWIN HUBER CUAOROS CAIM SANO, DNI N° 095993117... MAGISTRO EN ... AOMINISTRACION EMPRESARIAL DE NEGOCIOS CIP N° 2011704 da profesión ... INGENIERO MECÁNICO 1100 desempeño INDOMESTICO, DDCENIJE UNIVERSIARIO 11 IA UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los documentos

• **FICHA DE COSTOS OPERATIVOS Y MATERIAS**

Del trabajo de PLAN DE TESIS titulado: **Propuesta de implementación de un Modelo de Mantenimiento Predictivo en una Empresa de Mecánica**, elaborado y presentado por los estudiantes:

- TORRES MEDINA ANDREE JOHN

INDICADORES	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				X	
2. Objetividad				X	
3. Actualidad			X		
4. Organización			X		
5. Suficiencia			X		
6. Imparcialidad			X		
7. Consistencia				X	
8. Coherencia				X	
9. Metodología				X	

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Trujillo, el día 11 del mes de Diciembre del 2023.

M.g. : EDWIN HUBER CUAOROS CAMPOSANO
 DNI : 095993117
 Especialidad : INGENIERIA MECÁNICA.
 E-mail : Widrosca@iIQI.pe



Edwin Huber Camposano
 ING. MECÁNICO
 R. CIP. N° 208704

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo [X] NNYQ..AYAI\FAN'lc\$:conONIN- 41786637IOendadOEN
 ..INGENIERIA INDUSTRIAL CIP W 290626 de prGfeslOn ,..
 INGENIERO INDUSTRIAL dOSempetéOOOmecomoESPECIALISTA EN PROCESOS DE
 PRODUCCION DE ESTRUCTURAS METALICAS.

Form,e,cj()die* preffnteMgo cons,ar que he revisado confines de Valloación los 1nsuumen1os:
 • FICHA DE COSTOS OPERATIVOS Y MATERIALES

Del trabajo de PLANO TESIS titulado « Propuesta de implementación de la Metodología DFMA para reducir los costos operativos en el ensamblaje de botas metálicas en una empresa metalúrgica » Elaborado y presentado por el estudiante:

TORRES MEDINA ANOREE JOHN

INDICADORES	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad			X		
Objetividad				X	
2. Actualidad				X	
3. Organización			X		
4. Suficiencia			X		
5. Intelligibilidad			X		
6. consistencia			X		
7. Coherencia			X		
8. Metodología			X		

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de...Uma... el día... 16 del mes de... Agosto ... del año ... 2023...

ING. : DONNY OLAYA INFANTES
 ONI : 41796637
 Especialidad : INGENIERIA INDUSTRIAL
 DONNYOLAYA@HOTMAIL.COM



DONNY OLAYA INFANTES
 Ingeniero Industrial
 CIP Nº 290626

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo... Paul Martín Rodríguez, Go.taht& ... conONI N' ... 047.I.IIJS7...INGESIERO...EN

INGENIERIA MECANICA CIP W 10282J de profesión INGENIERO

MECANICO ... desempeñándome como .INGENIERO DE MANTENIMIENTO

... en... Southem Pen, Copper Corporation.

Por mediode la presente hago oonstar quehe revisado con fine\$ de Vaidación los instrn.mentos:

FICHA DE COSTOS OPERATIVOS Y MATERIAS

Def trabajode PLANDE TESIS tituladoP: ropoescadeirpleme.ntaciónde la MetodologíaOFMAprraredocir lo6cos:tosoperativosen ensamblaje debotes metaficoLen unaempInae-t:altneecinica, llo2023". Elaborado y presentado porlos esludiantes:

TORRES MEDINA ANDREE JOHN

INDICADORES	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				X	
2. Objetividad			X		
3. Actuidad			X		
4. Organización			X		
.Suficiencia			X		
. Intencioalidad			X		
7. Consistencia				X	
B.Coherencia				X	
9. Metodolog;a				X	

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de ... ILO ... el día . 20 del mes de . Ago1110... del año... 2023 ...

Ing. : PAUL MARTIN RODRIGUEZ GONZA.LES

ONI :OJ748I!i7

Especialidad : INGENIERJA MECNICA.

E-mail : ingpulimrg.tl@mail.com



Anexo 4.

Con el fin de informar

Titulo: "Estrategia de implementación de un sistema de gestión de la calidad para reducir los costos operativos de la planta de procesamiento de CO₂ en un sistema de mecanización de la línea de producción".

Inversor: Andrés J. Torres Rodríguez.

Fecha: 10 de octubre de 2010.

La presente tiene como objetivo informar a los señores accionistas de la empresa sobre el avance de la implementación del sistema de gestión de la calidad en la planta de procesamiento de CO₂. El sistema de gestión de la calidad es un sistema que permite controlar y mejorar los procesos de la planta de procesamiento de CO₂, lo que resulta en una reducción de los costos operativos y en una mejora de la calidad del producto final. Este sistema de gestión de la calidad es un sistema que permite controlar y mejorar los procesos de la planta de procesamiento de CO₂, lo que resulta en una reducción de los costos operativos y en una mejora de la calidad del producto final.

Descripción del impacto de la implementación del sistema de gestión de la calidad.

La implementación del sistema de gestión de la calidad en la planta de procesamiento de CO₂ tiene el potencial de reducir los costos operativos, mejorar la calidad del producto final y aumentar la productividad de la planta. Este sistema de gestión de la calidad es un sistema que permite controlar y mejorar los procesos de la planta de procesamiento de CO₂, lo que resulta en una reducción de los costos operativos y en una mejora de la calidad del producto final.

Procedimiento

Si usted decide participar en la implementación del sistema de gestión de la calidad, deberá seguir los siguientes pasos:

1. Realizar un diagnóstico de la planta de procesamiento de CO₂ para identificar los puntos críticos de control y los puntos de mejora.
2. Esta es la **meta** de la implementación del sistema de gestión de la calidad. Se establecerá un tiempo máximo de 30 minutos para la implementación del sistema de gestión de la calidad. Se establecerá un tiempo máximo de 30 minutos para la implementación del sistema de gestión de la calidad.

Por favor, envíe su respuesta a [correo electrónico];

Para cualquier duda o comentario, por favor contactar al responsable de la implementación del sistema de gestión de la calidad en la planta de procesamiento de CO₂. Este sistema de gestión de la calidad es un sistema que permite controlar y mejorar los procesos de la planta de procesamiento de CO₂, lo que resulta en una reducción de los costos operativos y en una mejora de la calidad del producto final.

Respecto a los costos de implementación del sistema de gestión de la calidad;

Indicar al personal de la planta de procesamiento de CO₂ que el sistema de gestión de la calidad es un sistema que permite controlar y mejorar los procesos de la planta de procesamiento de CO₂, lo que resulta en una reducción de los costos operativos y en una mejora de la calidad del producto final.

En lo que respecta a la eficiencia del sistema de gestión de la calidad;

Se espera que el sistema de gestión de la calidad en la planta de procesamiento de CO₂ alcance los objetivos de eficiencia y calidad establecidos en el plan de implementación del sistema de gestión de la calidad en la planta de procesamiento de CO₂. Este sistema de gestión de la calidad es un sistema que permite controlar y mejorar los procesos de la planta de procesamiento de CO₂, lo que resulta en una reducción de los costos operativos y en una mejora de la calidad del producto final.

no va a aportar a la salud individual de la persona, sin embargo, los resultados del estudio podrán convertirse en beneficio de la salud pública.

Confidencialidad (principio de justicia):

Los datos recolectados deben ser anónimos y no tener ninguna forma de identificar al participante. Garantizamos que la información que usted nos brinde es totalmente Confidencial y no será usada para ningún otro propósito fuera de la investigación. Los datos permanecerán bajo custodia del investigador principal y pasado un tiempo determinado serán eliminados convenientemente.

Problemas o preguntas:

Si tiene preguntas sobre la investigación puede contactar con el Andree John Torres Medina email: torresmedinaandree@gmail.com y Edwin Huber Cuadros Camposano email: ehcuadros@ucvvirtual.edu.pe

Consentimiento

Después de haber leído los propósitos de la investigación autorizo participar en la investigación antes mencionada. Nombre y apellidos: Duaner Norman Rodríguez, Fecha y hora: 18/09/2023 a 11:30 am

Nombre y apellidos: Duaner Norman Rodríguez Parra

Firma(s):

Fecha y hora: 18/09/2023 a 11:30 am

DUANER N. RODRIGUEZ PARRA
GERENTE DE OPERACIONES

Anexo 5. Resultado de similitud de programa Turnitin

implementacion DFMA turnitin.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

10%

INDICE DE SIMILITUD

9%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

11 hdl.handle.net
Fuente de Internet

 silo.tips
Fuente de Internet

 repositorio.ucv.edu.pe
Fuente de Internet

 Submitted to Universidad Cesar Vallejo
Trabajo del estudiante <1%

 www.coursehero.com
Fuente de Internet <1%

 www.empresavillanueva.com
Fuente de Internet <1%

 repositorio.uan.edu.co
Fuente de Internet <1%

 Submitted to Escuela Politecnica Nacional
Trabajo del estudiante <1%

 dokumen.pub
Fuente de Internet <1%

Anexo 6

Autorización de uso de información de empresa

Yo Duaner Norman Rodríguez Parra identificado con DNI 04649759, en mi calidad de Gerente de Operaciones del área de construcción de la empresa SERMEC S.A.C. con R.U.C N°20519958725, ubicada en la ciudad de Ilo

OTORGO LA AUTORIZACIÓN,

Al señor Andree John Torres Medina Identificado con DNI N°73424849, de la Carrera profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, para que utilice la siguiente información de la empresa:

Costos de fabricación de botes metálicos para ánodos, con la finalidad de que pueda desarrollar mi Tesis para optar el Título Profesional.

Indicar si el Representante que autoriza la información de la empresa, solicita mantener el nombre o cualquier distintivo de la empresa en reserva, marcando con una "X" la opción seleccionada.

Mantener en Reserva el nombre o cualquier distintivo de la empresa; o

Mencionar el nombre de la empresa.


Firma y sello del Representante Legal
DNI: 04649759
DUANER N. RODRIGUEZ PARRA
GERENTE DE OPERACIONES

El Estudiante declara que los datos emitidos en esta carta y en el Trabajo de Investigación / en la Tesis son auténticos. En caso de comprobarse la falsedad de datos, el Estudiante será sometido al inicio del procedimiento disciplinario correspondiente; asimismo, asumirá toda la responsabilidad ante posibles acciones legales que la empresa, otorgante de información, pueda ejecutar.



Firma del Estudiante

DNI: 73424849

Anexo 7

Evidencia de envío para la publicación del artículo científico

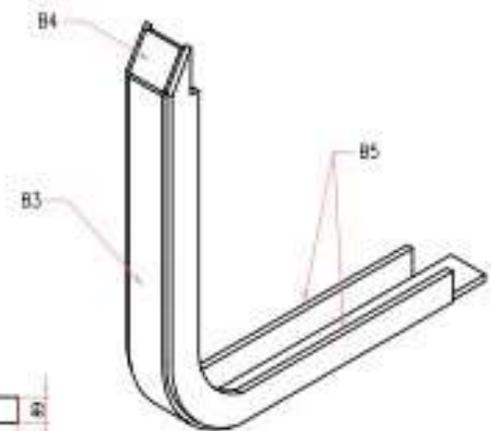
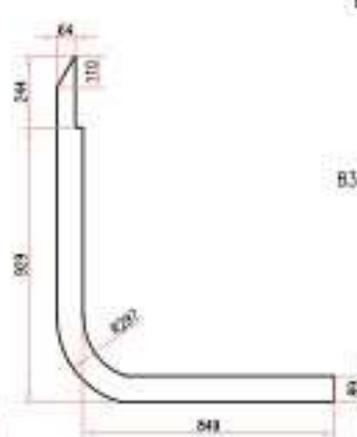
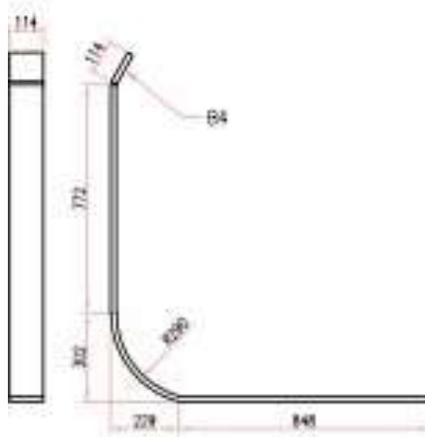
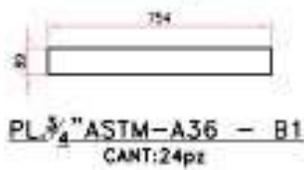
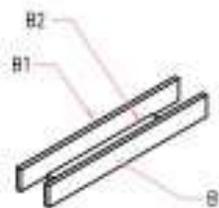
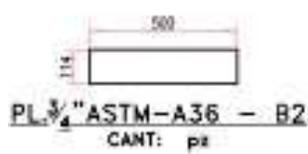
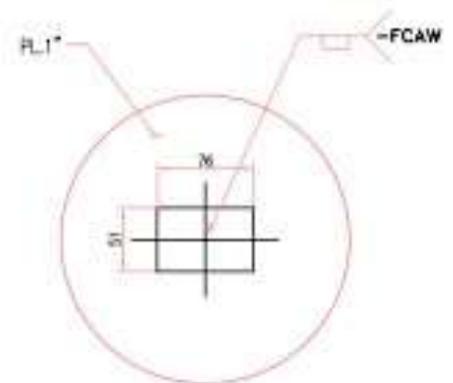
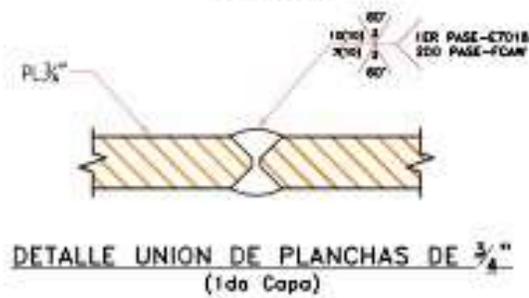
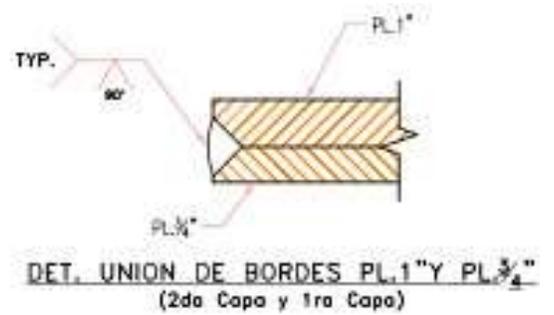
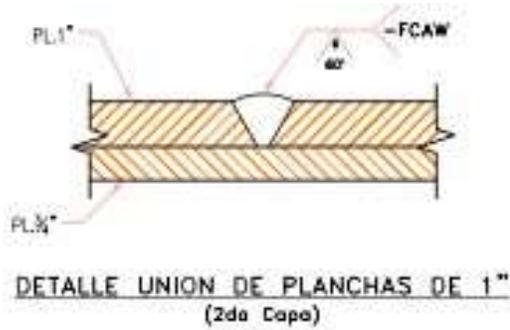


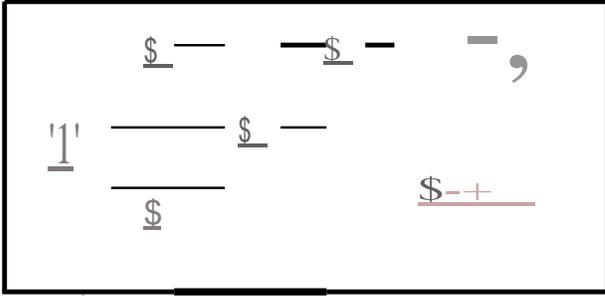
Nombre de la Revista: Revista tecnológica y ciencia

Link: <https://rtyc.utn.edu.ar/index.php/rtyc>

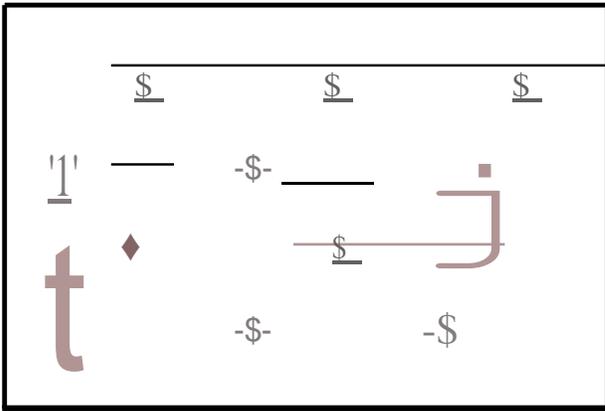
Anexo 8. Otras evidencias

Planos del diseño actual

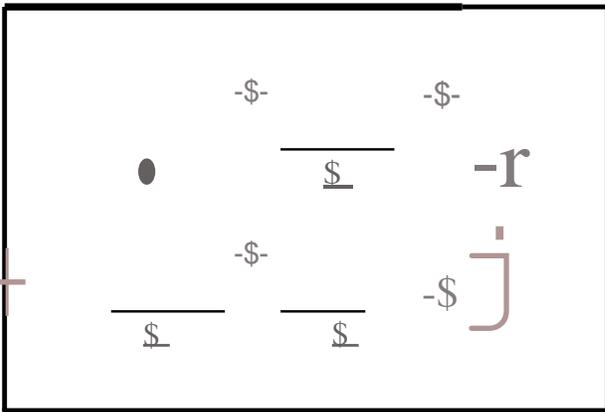




PL.J"ATM-AJ:§ - PI
(2do Covi,o)



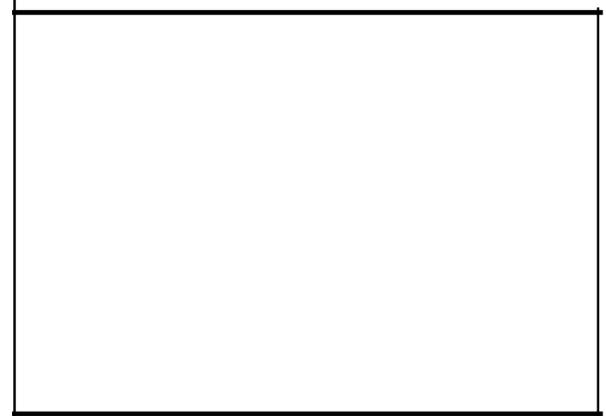
PL.1..és;TM-AJ:§ - Pi
(2do Caflo)



PI 1..6Sit:1-61§ - PI
(2do Caflo)



PL. 1 "ASTI.t-A36 - AI
(2do Copo)

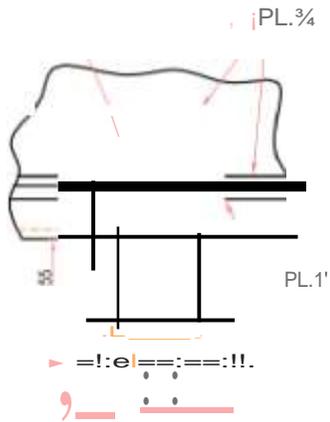


PL 1"AS;TM-AJ:§ - A2
(2do Copo)

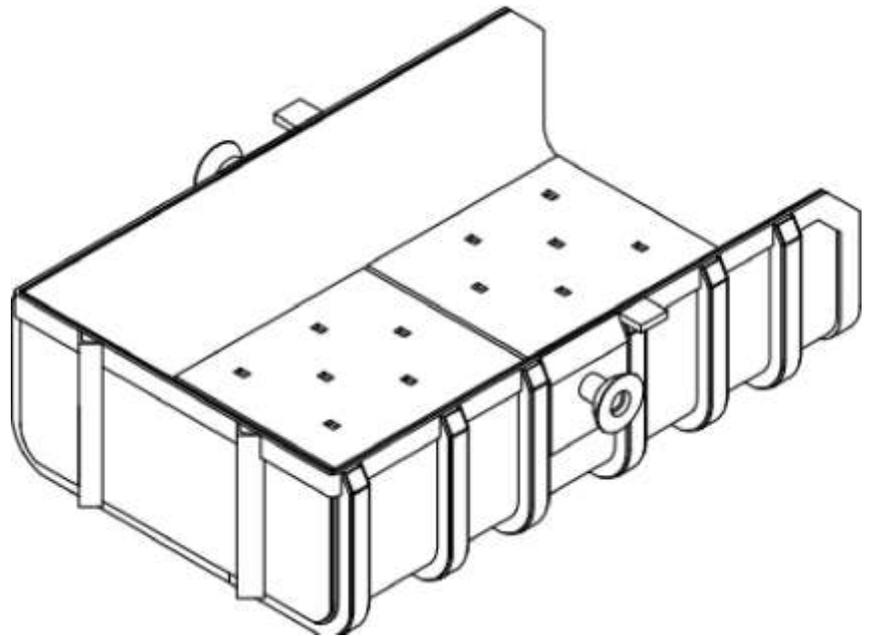


PI J"éSIM-é.l:i - é.l
(2do Copo)

TIP



DETALLE
De:-- **C)**

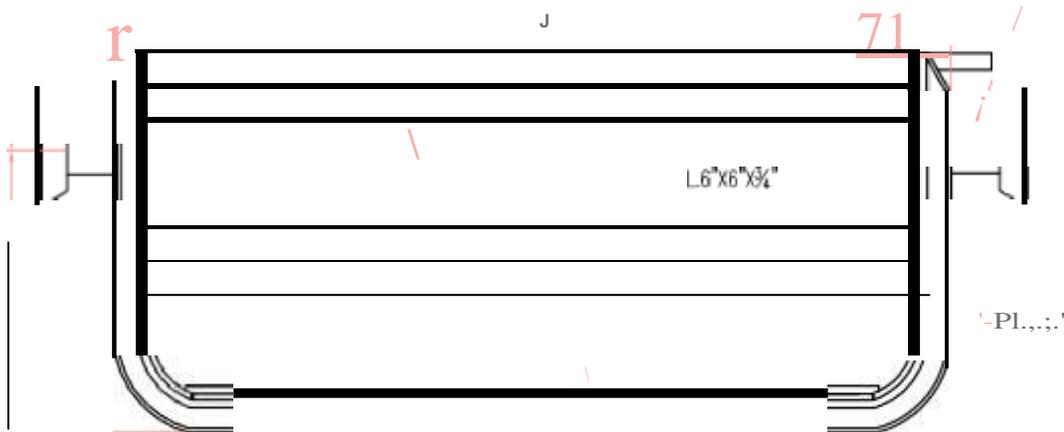


ISOMTRICO

Fl.2

PL.3/4"

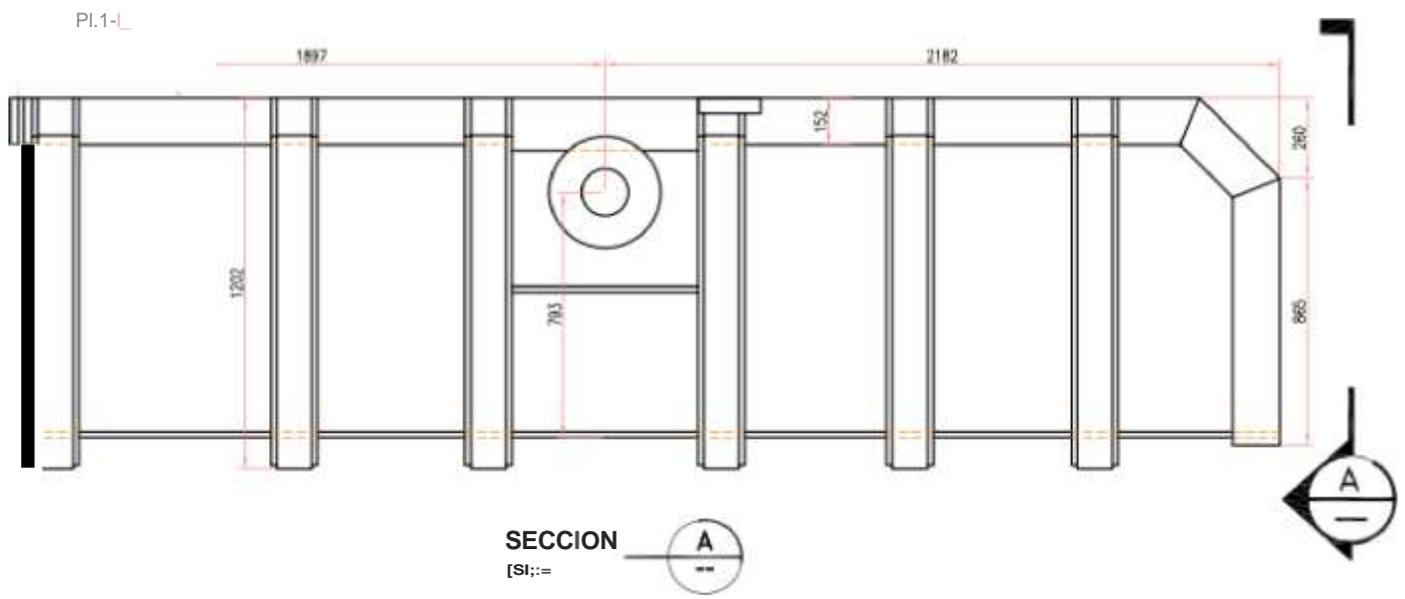
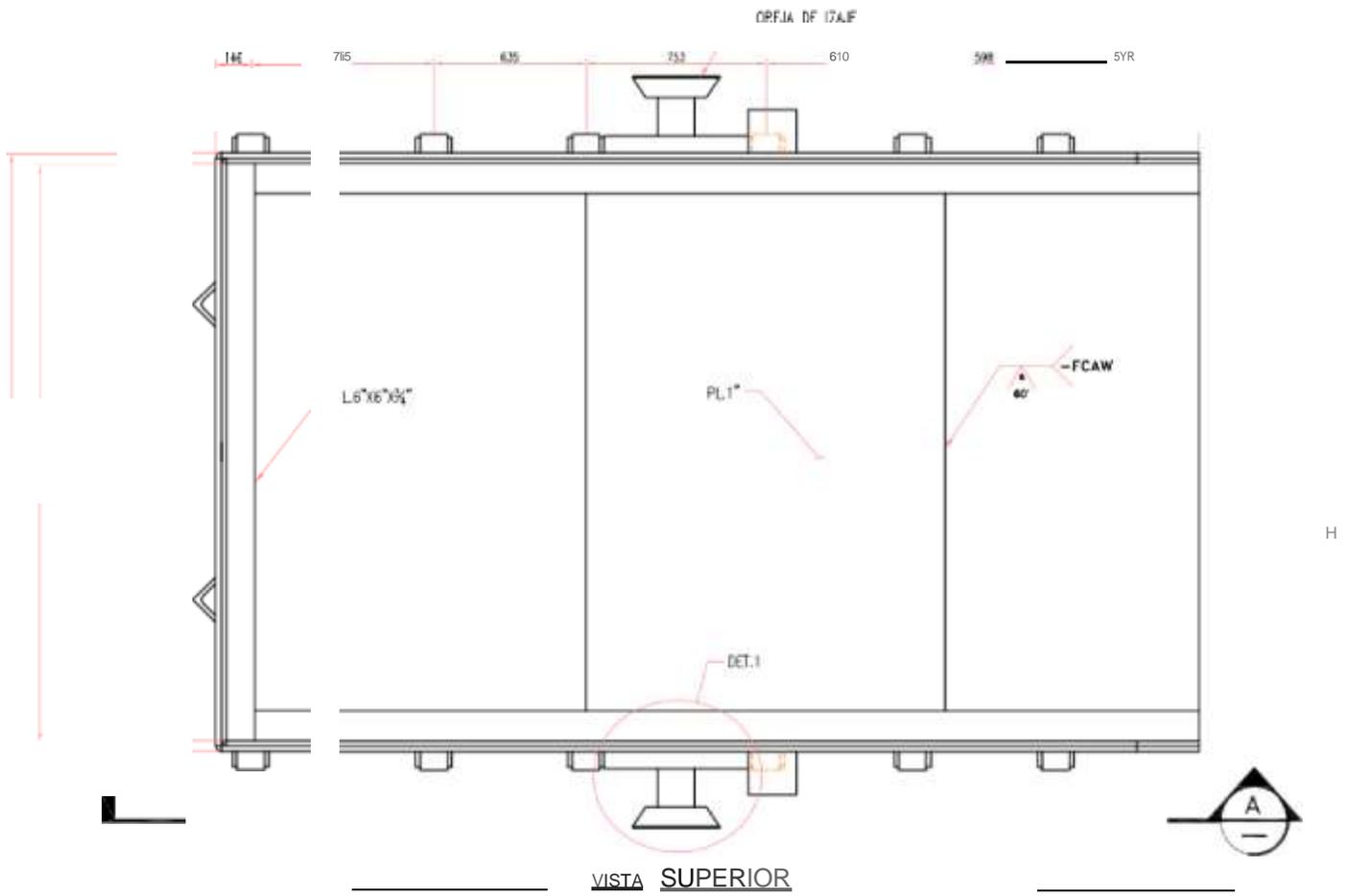
OREJA
DE IZME



SICCION

ESC:-----





Anexo 9. Costos detallados Sin la metodología del DFMA

1.- COSTO DE MANO DE OBRA EN DIAS UTILES

DESCRIPCION	COSTO TOTAL (SIN IGV)	
EMPLEADOS	S/.	4,983.60
OBREROS	S/.	29,679.60
HORAS EXTRAS	S/.	-
TOTAL COSTO MANO DE OBRA	S/.	34,663.20

1.1 ESTRUCTURA DE COSTOS

REMUNERACIONES	N° TRABAJADORES	COSTO UNIT. DIA	SUBTOTAL DE DÍA	DÍAS DE TRABAJO	TOTAL	
REMUNERACIONES EMPLEADOS					S/.	4,983.60
SUPERVISOR DE CAMPO	1	124.59	124.59	20	S/.	2,491.80
REMUNERACION DIARIA		70.00				
ASIGNACION FAMILIAR (10% RMV)		2.83				
DOMINICAL		12.14				
LEYES SOCIALES (9% ESSALUD, 1.67% SCTR)		9.07				
PROVISIONES						
VACACIONES, GRATIFICACIONES, CTS		28.52				
BONIFICACIÓN EXTRAORDINARIA		1.27				
LEYES SOCIALES SOBRE PROVISIONES (9% ESSALUD, 1.67% SCTR)		0.76				
SUPERVISOR DE SEGURIDAD	1	124.59	124.59	20	S/.	2,491.80
REMUNERACION DIARIA		70.00				
ASIGNACION FAMILIAR (10% RMV)		2.83				
DOMINICAL		12.14				
LEYES SOCIALES (9% ESSALUD, 1.67% SCTR)		9.07				
PROVISIONES						
VACACIONES, GRATIFICACIONES, CTS		28.52				
BONIFICACIÓN EXTRAORDINARIA		1.27				
LEYES SOCIALES SOBRE PROVISIONES (9% ESSALUD, 1.67% SCTR)		0.76				
REMUNERACIONES OBREROS					S/.	29,679.60
OPERARIO SOLDADOR 3G	3	124.59	373.77	20	S/.	7,475.40
REMUNERACION DIARIA		70.00				
ASIGNACION FAMILIAR (10% RMV)		2.83				
DOMINICAL		12.14				
LEYES SOCIALES (9% ESSALUD, 1.67% SCTR)		9.07				
PROVISIONES						
VACACIONES, GRATIFICACIONES, CTS		28.52				
BONIFICACIÓN EXTRAORDINARIA		1.27				
LEYES SOCIALES SOBRE PROVISIONES (9% ESSALUD, 1.67% SCTR)		0.76				
OPERARIO ARMADOR	3	124.59	373.77	20	S/.	7,475.40
REMUNERACION DIARIA		70.00				
ASIGNACION FAMILIAR (10% RMV)		2.83				
DOMINICAL		12.14				
LEYES SOCIALES (9% ESSALUD, 1.67% SCTR)		9.07				
PROVISIONES						
VACACIONES, GRATIFICACIONES, CTS		28.52				
BONIFICACIÓN EXTRAORDINARIA		1.27				
LEYES SOCIALES SOBRE PROVISIONES (9% ESSALUD, 1.67% SCTR)		0.76				
OFICIAL ARMADOR	3	90.38	271.14	20	S/.	5,422.80
REMUNERACION DIARIA		50.00				
ASIGNACION FAMILIAR (10% RMV)		2.83				

DOMINICAL		8.81				
LEYES SOCIALES (9% ESSALUD, 1.67% SCTR)		6.58				
PROVISIONES						
VACACIONES, GRATIFICACIONES, CTS		20.69				
BONIFICACIÓN EXTRAORDINARIA		0.92				
LEYES SOCIALES SOBRE PROVISIONES (9% ESSALUD, 1.67% SCTR)		0.55				
OFICIAL SOLDADOR	3	90.38	271.14	20	S/.	5,422.80
REMUNERACION DIARIA		50.00				
ASIGNACION FAMILIAR (10% RMV)		2.83				
DOMINICAL		8.81				
LEYES SOCIALES (9% ESSALUD, 1.67% SCTR)		6.58				
PROVISIONES						
VACACIONES, GRATIFICACIONES, CTS		20.69				
BONIFICACIÓN EXTRAORDINARIA		0.92				
LEYES SOCIALES SOBRE PROVISIONES (9% ESSALUD, 1.67% SCTR)		0.55				
AYUDANTE	3	64.72	194.16	20	S/.	3,883.20
REMUNERACION DIARIA		35.00				
ASIGNACION FAMILIAR (10% RMV)		2.83				
DOMINICAL		6.31				
LEYES SOCIALES (9% ESSALUD, 1.67% SCTR)		4.71				
PROVISIONES						
VACACIONES, GRATIFICACIONES, CTS		14.82				
BONIFICACION EXTRAORDINARIA		0.66				
LEYES SOCIALES SOBRE PROVISIONES (9% ESSALUD, 1.67% SCTR)		0.39				
TOTAL COSTO MANO DE OBRA DIA UTIL	17				S/.	34,663.20

2.- UNIFORME E IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD

UNIFORME/IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD	° TRABAJADORE	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	VIDA UTIL/MES	TOTAL
ELECTRICOS/MECANICOS					
MAMELUCO / UNIFORME	17	17	S/. 60.00	2.00	S/. 204.00
CHALECO DE SEGURIDAD	17	2	S/. 25.00	3.00	S/. 8.33
ZAPATOS DE SEGURIDAD	17	17	S/. 60.00	4.00	S/. 127.50
CASCO DE SEGURIDAD	17	17	S/. 20.00	4.00	S/. 42.50
GUANTES DE CUERO	17	20	S/. 15.00	Tiempo / Trabajo	S/. 300.00
LENTE DE SEGURIDAD	17	17	S/. 5.00	Tiempo / Trabajo	S/. 85.00
RESPIRADOR P/SOLDADOR	17	17	S/. 40.00	2.00	S/. 170.00
FILTROS PARA MASCARA	17	17	S/. 35.00	Tiempo / Trabajo	S/. 595.00
TAPONES DE OIDOS	17	17	S/. 4.00	Tiempo / Trabajo	S/. 68.00
CARETA FACIAL	17	10	S/. 20.00	1.00	S/. 100.00
SOLDADORES (ADICIONAL)					
MASCARA PARA SOLDAR	4	4	S/. 30.00	1.00	S/. 60.00
GUANTES DE SOLDADOR	4	8	S/. 15.00	Tiempo / Trabajo	S/. 24.00
ESCARPINES	8	8	S/. 20.00	1.00	S/. 80.00
CASACA DE SOLDADOR	4	4	S/. 60.00	1.00	S/. 120.00
MANDIL DE CUERO	8	8	S/. 25.00	1.00	S/. 133.33
TOTAL COSTO EQUIPO DE SEGURIDAD					S/. 2,117.67

3.- MATERIALES A UTILIZAR EN EL SERVICIO

DESCRIPCIÓN	REFERENCIA TECNICA	MARCA	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
TRAPO INDUSTRIAL	20 CM X 20 CM	-	KG.	10.00	S/. 6.00	S/. 60.00
PLANCHA 3/4" X 1200 X 2400	ASTM A-36		UNID.	16.00	S/. 1,550.00	S/. 24,800.00
PLANCHA 5/8" X 1200 X 2400	ASTM A-36		UNID.	0.00	S/. 1,200.00	S/. -
PLANCHA 1" X 1200 X 2400	ASTM A-36		UNID.	10.00	S/. 1,900.00	S/. 19,000.00
PLANCHA 1/2" X 1200 X 2400	ASTM A-36		UNID.	0.00	S/. 800.00	S/. -
L6x6x3/4	ASTM A-36		UNID.	1.00	S/. 600.00	S/. 600.00
EJE 3" X 3000	ASTM A-36		UNID.	0.00	S/. 350.00	S/. -
ELECTRODO SUPERCITO DE 5/32"	AWS 7018	OERLIKON	KG.	25.00	S/. 18.00	S/. 450.00
SOLDADURA AWS 1/16"	E71T-1C	EXA	ROLLO	6.00	S/. 450.00	S/. 2,700.00
SOLDADURA AWS (E-8018-C3) 1/8"	TENACITO 80	OERLIKON	KG.	50.00		S/. -
ELECTRODO DE CARBON 1/4"	ARCAIR		CAJAS	4.00	S/. 150.00	S/. 600.00

DISCO DE CORTE DE 7"	-	NORTON	UNID.	20.00	S/.	8.00	S/.	160.00	
DISCO DE CORTE DE 4-1/2"	-	NORTON	UNID.	20.00	S/.	6.00	S/.	120.00	
DISCO DE DESBASTE DE 7"	-	NORTON	UNID.	25.00	S/.	10.00	S/.	250.00	
DISCO DE DESBASTE DE 4-1/2"	-	NORTON	UNID.	10.00	S/.	6.00	S/.	60.00	
GAS CO2			BOT.	4.00	S/.	150.00	S/.	600.00	
ESCOBILLA CIRCULAR DE 4-1/2"	-	FAESIN	UNID.	10.00	S/.	25.00	S/.	250.00	
PERNO HILTI DE 5/8" X 5"	-	-	UNID.		S/.	25.00	S/.	-	
OXIGENO	-	-	BOT.	8.00	S/.	150.00	S/.	1,200.00	
ACETILENO	-	-	BOT.	4.00	S/.	360.00	S/.	1,440.00	
AGUA PARA BEBER	20 LTS	SAN LUIS	BOT.	6.00	S/.	20.00	S/.	120.00	
TOTAL COSTO DE MATERIALES								S/.	52,410.00

4.- EQUIPOS Y HERRAMIENTA

DESCRIPCIÓN	MARCA	UNIDAD MEDIDA	CANT. EQUIPOS	CANTIDAD DIAS	COSTO UNITARIO	TOTAL			
MALETIN CON HERRAMIENTAS MENORE	STANLEY	UNID.	1	20.00	S/.	5.00	S/.	100.00	
MAQUINA DE SOLDAR 450 AMP.	MILLER	UNID.	3	20.00	S/.	10.00	S/.	600.00	
ESMERIL ANGULAR DE 4-1/2"	BOSH / MAKITA	UNID.	5	20.00	S/.	4.00	S/.	400.00	
ESMERIL ANGULAR DE 7"	BOSH / MAKITA	UNID.	6	20.00	S/.	6.00	S/.	720.00	
TROZADORA ESTATICA 14"	MAKITA	UND	1	10.00	S/.	5.00	S/.	50.00	
EQUIPO OXICORTE	-	UNID.	2	20.00	S/.	5.00	S/.	200.00	
EXTENSIONES DE 220 V DE 30 MTS	-	UNID.	4	15.00	S/.	4.00	S/.	240.00	
EXTINTOR DE 6KG	VICTOR	UNID.	2	15.00	S/.	2.00	S/.	60.00	
COMPRESORA DE AIRE	-	UNID.	1	2.00	S/.	80.00	S/.	160.00	
PISTOLA DE PINTAR	-	UNID.	1	2.00	S/.	67.00	S/.	134.00	
LLAVE STYLSON DE 14"	-	UNID.			S/.	5.00	S/.	-	
ANDAMIO MULTIDIRECCIONAL	ULLMA	UNID.			S/.	1,500.00	S/.	-	
BAÑO QUIMICO POR EVENTO	-	UNID.			S/.	520.00	S/.	-	
BOTIQUIN DE PRIMEROS AUXILIOS	-	UNID.	1	15.00	S/.	5.00	S/.	75.00	
TOTAL COSTO DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS								S/.	2,739.00

6.- TRANSPORTE DE PERSONAL Y MOVILIZACION

DESCRIPCIÓN	CANT PERS/EQ	CANTIDAD DIAS	COSTO UNITARIO	TOTAL
ALQUILER DE COMBI PARA TRANSPORTE DE PERSONAL DE ILO - FUNDICION	1		S/. 120.00	S/. -
ALQUILER DE CAMIONETA PERS. ADM.Y COORDINACIONES	1	20	S/. 70.00	S/. 1,400.00
CAMION GRUA PARA MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION	1	4	S/. 400.00	S/. 1,600.00
TOTAL COSTO TRANSPORTE Y MOVILIZACION				S/. 3,000.00

7.- HOSPEDAJE Y ALIMENTACIÓN DE PERSONAL

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD PERSONAL	CANTIDAD DÍAS	COSTO UNITARIO	TOTAL
ALIMENTACIÓN	17	20	S/. 10.00	S/. 3,400.00
TOTAL COSTO HOSPEDAJE Y ALIMENTACIÓN				S/. 3,400.00

8.- RESUMEN ASPECTOS ECONOMICOS COSTOS

TOTAL COSTO POR EL SERVICIO			TOTAL
1.- COSTO DE MANO DE OBRA EN DIAS UTILES			S/. 34,663.20
2.- UNIFORME E IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD			S/. 2,117.67
3.- MATERIALES A UTILIZAR EN EL SERVICIO			S/. 52,410.00
4.- EQUIPOS Y HERRAMIENTAS			S/. 2,739.00
6.- TRANSPORTE Y MOVILIZACION			S/. 3,000.00
7.- HOSPEDAJE Y ALIMENTACIÓN DE PERSONAL			S/. 3,400.00
SUBTOTAL COSTO			S/. 98,329.87
GASTOS GENERALES MAS UTILIDAD		18%	S/. 17,699.38
TOTAL COSTOS			S/. 116,029.25
I.G.V.		18%	S/. 20,885.27
TOTAL GENERAL DEL SERVICIO			S/. 136,914.52

Anexo 10. Aplicando la metodología DFMA

1.- COSTO DE MANO DE OBRA EN DIAS UTILES

DESCRIPCION	COSTO TOTAL (SIN IGV)
EMPLEADOS	S/. 3,737.70
OBREROS	S/. 12,128.40
HORAS EXTRAS	S/. -
TOTAL COSTO MANO DE OBRA	S/. 15,866.10

1.1 ESTRUCTURA DE COSTOS

REMUNERACIONES	N° TRABAJADORES	COSTO UNIT. DIA	SUBTOTAL DE DÍA	DÍAS DE TRABAJO	TOTAL
REMUNERACIONES EMPLEADOS					S/. 3,737.70
SUPERVISOR DE CAMPO	1	124.59	124.59	15	S/. 1,868.85
REMUNERACION DIARIA		70.00			
ASIGNACION FAMILIAR (10% RMV)		2.83			
DOMINICAL		12.14			
LEYES SOCIALES (9% ESSALUD, 1.67% SCTR)		9.07			
PROVISIONES					
VACACIONES, GRATIFICACIONES, CTS		28.52			
BONIFICACION EXTRAORDINARIA		1.27			
LEYES SOCIALES SOBRE PROVISIONES (9% ESSALUD, 1.67% SCTR)		0.76			
SUPERVISOR DE SEGURIDAD	1	124.59	124.59	15	S/. 1,868.85
REMUNERACION DIARIA		70.00			
ASIGNACION FAMILIAR (10% RMV)		2.83			
DOMINICAL		12.14			
LEYES SOCIALES (9% ESSALUD, 1.67% SCTR)		9.07			
PROVISIONES					
VACACIONES, GRATIFICACIONES, CTS		28.52			
BONIFICACION EXTRAORDINARIA		1.27			
LEYES SOCIALES SOBRE PROVISIONES (9% ESSALUD, 1.67% SCTR)		0.76			
REMUNERACIONES OBREROS					S/. 12,128.40
OPERARIO SOLDADOR 3G	2	124.59	249.18	15	S/. 3,737.70
REMUNERACION DIARIA		70.00			
ASIGNACION FAMILIAR (10% RMV)		2.83			
DOMINICAL		12.14			
LEYES SOCIALES (9% ESSALUD, 1.67% SCTR)		9.07			
PROVISIONES					
VACACIONES, GRATIFICACIONES, CTS		28.52			
BONIFICACION EXTRAORDINARIA		1.27			
LEYES SOCIALES SOBRE PROVISIONES (9% ESSALUD, 1.67% SCTR)		0.76			
OPERARIO ARMADOR	2	124.59	249.18	15	S/. 3,737.70
REMUNERACION DIARIA		70.00			
ASIGNACION FAMILIAR (10% RMV)		2.83			
DOMINICAL		12.14			
LEYES SOCIALES (9% ESSALUD, 1.67% SCTR)		9.07			
PROVISIONES					
VACACIONES, GRATIFICACIONES, CTS		28.52			
BONIFICACION EXTRAORDINARIA		1.27			
LEYES SOCIALES SOBRE PROVISIONES (9% ESSALUD, 1.67% SCTR)		0.76			
OFICIAL ARMADOR		90.38	-		S/. -
REMUNERACION DIARIA		50.00			
ASIGNACION FAMILIAR (10% RMV)		2.83			
DOMINICAL		8.81			
LEYES SOCIALES (9% ESSALUD, 1.67% SCTR)		6.58			
PROVISIONES					
VACACIONES, GRATIFICACIONES, CTS		20.69			
BONIFICACION EXTRAORDINARIA		0.92			
LEYES SOCIALES SOBRE PROVISIONES (9% ESSALUD, 1.67% SCTR)		0.55			
OFICIAL SOLDADOR	2	90.38	180.76	15	S/. 2,711.40
REMUNERACION DIARIA		50.00			

ASIGNACION FAMILIAR (10% RMV)		2.83			
DOMINICAL		8.81			
LEYES SOCIALES (9% ESSALUD, 1.67% SCTR)		6.58			
PROVISIONES					
VACACIONES, GRATIFICACIONES, CTS		20.69			
BONIFICACION EXTRAORDINARIA		0.92			
LEYES SOCIALES SOBRE PROVISIONES (9% ESSALUD, 1.67% SCTR)		0.55			
AYUDANTE	2	64.72	129.44	15	S/. 1,941.60
REMUNERACION DIARIA		35.00			
ASIGNACION FAMILIAR (10% RMV)		2.83			
DOMINICAL		6.31			
LEYES SOCIALES (9% ESSALUD, 1.67% SCTR)		4.71			
PROVISIONES					
VACACIONES, GRATIFICACIONES, CTS		14.82			
BONIFICACION EXTRAORDINARIA		0.66			
LEYES SOCIALES SOBRE PROVISIONES (9% ESSALUD, 1.67% SCTR)		0.39			
TOTAL COSTO MANO DE OBRA DIA UTIL	10				S/. 15,866.10

2.- UNIFORME E IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD

UNIFORME/IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD	° TRABAJADORE	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	VIDA UTIL/MES	TOTAL
ELECTRICOS/MECANICOS					
MAMELUCO / UNIFORME	10	10	S/. 60.00	2.00	S/. 90.00
CHALECO DE SEGURIDAD	10	2	S/. 25.00	3.00	S/. 6.25
ZAPATOS DE SEGURIDAD	10	10	S/. 60.00	4.00	S/. 56.25
CASCO DE SEGURIDAD	10	10	S/. 20.00	4.00	S/. 18.75
GUANTES DE CUERO	10	20	S/. 15.00	Tiempo / Trabajo	S/. 300.00
LENTE DE SEGURIDAD	10	10	S/. 5.00	Tiempo / Trabajo	S/. 50.00
RESPIRADOR P/SOLDADOR	10	10	S/. 40.00	2.00	S/. 75.00
FILTROS PARA MASCARA	10	10	S/. 35.00	Tiempo / Trabajo	S/. 350.00
TAPONES DE OIDOS	10	10	S/. 4.00	Tiempo / Trabajo	S/. 40.00
CARETA FACIAL	10	10	S/. 20.00	1.00	S/. 75.00
SOLDADORES (ADICIONAL)					
MASCARA PARA SOLDAR	4	4	S/. 30.00	1.00	S/. 45.00
GUANTES DE SOLDADOR	4	8	S/. 15.00	Tiempo / Trabajo	S/. 24.00
ESCARPINES	8	8	S/. 20.00	1.00	S/. 60.00
CASACA DE SOLDADOR	4	4	S/. 60.00	1.00	S/. 90.00
MANDIL DE CUERO	8	8	S/. 25.00	1.00	S/. 100.00
TOTAL COSTO EQUIPO DE SEGURIDAD					S/. 1,380.25

3.- MATERIALES A UTILIZAR EN EL SERVICIO

DESCRIPCION	REFERENCIA TECNICA	MARCA	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
TRAPO INDUSTRIAL	20 CM X 20 CM	-	KG.	10.00	S/. 6.00	S/. 60.00
PLANCHA 3/4" X 1200 X 2400	ASTM A-36		UNID.	12.00	S/. 1,550.00	S/. 18,600.00
PLANCHA 5/8" X 1200 X 2400	ASTM A-36		UNID.	0.00	S/. 1,200.00	S/. -
PLANCHA 1" X 1200 X 2400	ASTM A-36		UNID.	10.00	S/. 1,900.00	S/. 19,000.00
CANAL 4x7.25 lbs/pie	ASTM A-36		UNID.	20.00	S/. 240.00	S/. 4,800.00
L6x6x3/4	ASTM A-36		UNID.	1.00	S/. 600.00	S/. 600.00
EJE 3" X 3000	ASTM A-36		UNID.	0.00	S/. 350.00	S/. -
ELECTRODO SUPERCITO DE 5/32"	AWS 7018	OERLIKON	KG.	25.00	S/. 18.00	S/. 450.00
SOLDADURA AWS 1/16"	E71T-1C	EXA	ROLLO	6.00	S/. 450.00	S/. 2,700.00
ELECTRODO DE CARBON 1/4"	ARCAIR		CAJAS	4.00	S/. 150.00	S/. 600.00
DISCO DE CORTE DE 7"	-	NORTON	UNID.	10.00	S/. 8.00	S/. 80.00
DISCO DE CORTE DE 4-1/2"	-	NORTON	UNID.	10.00	S/. 6.00	S/. 60.00
DISCO DE DESBASTE DE 7"	-	NORTON	UNID.	15.00	S/. 10.00	S/. 150.00
DISCO DE DESBASTE DE 4-1/2"	-	NORTON	UNID.	5.00	S/. 6.00	S/. 30.00
GAS CO2			BOT.	4.00	S/. 150.00	S/. 600.00
ESCOBILLA CIRCULAR DE 4-1/2"	-	FAESIN	UNID.	10.00	S/. 25.00	S/. 250.00
OXIGENO	-	-	BOT.	8.00	S/. 150.00	S/. 1,200.00
ACETILENO	-	-	BOT.	4.00	S/. 360.00	S/. 1,440.00
AGUA PARA BEBER	20 LTS	SAN LUIS	BOT.	6.00	S/. 20.00	S/. 120.00
TOTAL COSTO DE MATERIALES						S/. 50,740.00

4.- EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

DESCRIPCION	MARCA	UNIDAD MEDIDA	CANT. EQUIPOS	CANTIDAD DIAS	COSTO UNITARIO	TOTAL
MALETIN CON HERRAMIENTAS MENORES	STANLEY	UNID.	1	15.00	S/. 5.00	S/. 75.00
MAQUINA DE SOLDAR 450 AMP.	MILLER	UNID.	3	15.00	S/. 10.00	S/. 450.00
ESMERIL ANGULAR DE 4-1/2"	BOSH / MAKITA	UNID.	4	15.00	S/. 4.00	S/. 240.00
ESMERIL ANGULAR DE 7"	BOSH / MAKITA	UNID.	4	15.00	S/. 6.00	S/. 360.00
TROZADORA ESTATICA 14"	MAKITA	UND	1	6.00	S/. 5.00	S/. 30.00
EQUIPO OXICORTE	-	UNID.	2	15.00	S/. 5.00	S/. 150.00
EXTENSIONES DE 220 V DE 30 MTS	-	UNID.	4	15.00	S/. 4.00	S/. 240.00

EXTINTOR DE 6KG	VICTOR	UNID.	2	15.00	S/. 2.00	S/. 60.00
COMPRESORA DE AIRE	-	UNID.	1	2.00	S/. 80.00	S/. 160.00
PISTOLA DE PINTAR	-	UNID.	1	2.00	S/. 67.00	S/. 134.00
BOTIQUIN DE PRIMEROS AUXILIOS	-	UNID.	1	15.00	S/. 5.00	S/. 75.00
TOTAL COSTO DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						S/. 1,974.00

6.- TRANSPORTE DE PERSONAL Y MOVILIZACION

DESCRIPCION	CANT PERS/EQ	CANTIDAD DIAS	COSTO UNITARIO	TOTAL
ALQUILER DE CAMIONETA PERS. ADM.Y COORDINACIONES	1	15	S/. 70.00	S/. 1,050.00
CAMION GRUA PARA MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION	1	3	S/. 400.00	S/. 1,200.00
TOTAL COSTO TRANSPORTE Y MOVILIZACION				S/. 2,250.00

7.- HOSPEDAJE Y ALIMENTACIÓN DE PERSONAL

DESCRIPCION	CANTIDAD PERSONAL	CANTIDAD DÍAS	COSTO UNITARIO	TOTAL
ALIMENTACIÓN	10	15	S/. 10.00	S/. 1,500.00
TOTAL COSTO HOSPEDAJE Y ALIMENTACIÓN				S/. 1,500.00

8.- RESUMEN ASPECTOS ECONOMICOS COSTOS

TOTAL COSTO POR EL SERVICIO		TOTAL
1.- COSTO DE MANO DE OBRA EN DIAS UTILES		S/. 15,866.10
2.- UNIFORME E IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD		S/. 1,380.25
3.- MATERIALES A UTILIZAR EN EL SERVICIO		S/. 50,740.00
4.- EQUIPOS Y HERRAMIENTAS		S/. 1,974.00
6.- TRANSPORTE Y MOVILIZACION		S/. 2,250.00
7.- HOSPEDAJE Y ALIMENTACIÓN DE PERSONAL		S/. 1,500.00
SUBTOTAL COSTO		S/. 73,710.35
GASTOS GENERALES MAS UTILIDAD	18%	S/. 13,267.86
TOTAL COSTOS		S/. 86,978.21
I.G.V.	18%	S/. 15,656.08
TOTAL GENERAL DEL SERVICIO		S/. 102,634.29

Anexo 11. Estudio de tiempo

Escala de trabajo a utilizar

75%-100%	100%-133%	Con un incremento de 5 puntos	Escala de trabajo
			75% y 135%

Calculo de tiempos suplementarios		
Por Fatiga Constantes		
Necesidad personal	5.0%	9.0%
Fatiga	4.0%	
Por Fatiga Variables		
Concentración	2.0%	4.0%
Estado de pie	2.0%	
Suplementos por Contingencia		
Falta de Materia Prima	1.0%	3.0%
Paro mecanico	2.0%	
Suplementos Totales		16.0%

Modelo para el calculo de la USP (Uridad Esblndar de Producción)

BamenID1. Trabaja Praviaa	Tiempo Cnl namñ' O min.	Valoración rilmoda lraejo	T11Inpo Normaliz. min	de Suplemanl	Tanpo Néndarl!WL	Tanpo Caqilem. min.	USPTotal nin	USP Total hra
Ciclo	330.00	00.0%	313.50	16.0%	363.66	0.00	363.66	6.00
Ciclo	309.00	100.0%	309.00	16.0%	358.44	0.00	300.44	5.97
Ciclo	29<5.00	105.0%	309.75	16.0%	359.31	0.00	359.31	5.99
Promedio redondeado	311		311		360		360	6

BamenID2. Realización da Planoa da Fabricación	Tiempo Cnl namñ' O min.	Valoración rilmoda lraejo	T11Inpo Normaliz. min	de Suplemanl	Tanpo Nbindarmin	Tanpo C min	USPTotal nin	USP Total hra
Ciclo	415.00	100.0%	415.00	16.0%	481.40	0.00	481.40	8.02
Ciclo	300.00	105.0%	414.75	16.0%	481.11	0.00	481.11	8.02
Ciclo	434.00	00.0%	412.30	16.0%	478.27	0.00	478.27	7.97
Promedio redondeado	415		414		480		480	8

BamenID3. Habillado da Malarialea	Tiempo Cnl namñ' O min.	Vakiración rilmoda lraejo	T11Inpo Normaliz. min	de Suplemanl	Tanpo Nbindarmin	Tanpo C min	USPTotal nin	USP Total hra
Ciclo	1575.00	105.0%	1653.75	16.0%	1918.35	0.00	1918.35	31.97
Ciclo	1745.00	00.0%	1657.75	16.0%	1922.99	0.00	1922.99	32.05
Ciclo	1655.00	100.0%	1655.00	16.0%	1919.80	0.00	1919.80	32.00
Promedio redondeado	1658		1656		1920		1920	32

BamenID4. Armado y Scldaodaf'ima	Tiempo Cnl namñ' O min.	Valoración rilmoda lraejo	T11Inpo Normaliz. min	de Suplemanl	Tanpo Nbindarmin	Tanpo C min	USPTotal nin	USP Total hra
Ciclo	1707.00	100.0%	1707.00	16.0%	1980.12	0.00	1980.12	33.00
Ciclo	1199.00	00.0%	1709.00	16.0%	1982.50	0.00	1982.50	33.04
Ciclo	1624.00	105.0%	1705.20	16.0%	1978.03	0.00	1978.03	32.97
Promedio redondeado	1710		1707		1980		1980	33

BamenID5. Preparación S.-rficialy RecubrimianID	Tiempo Cnl namñ' O min.	Valoración rilmoda lraejo	T11Inpo Normaliz. min	de Suplemanl	Tanpo Nbindarmin	Tanpo C min	USPTotal nin	USP Total hra
Ciclo	494.00	105.0%	518.70	16.0%	601.69	0.00	601.69	10.03
Ciclo	517.00	100.0%	517.00	16.0%	599.72	0.00	599.72	10.00
Ciclo	574.00	90.0%	516.60	16.0%	599.26	0.00	599.26	9.99
Promedio redondeado	528		517		600		600	10

Bamel'lc8. Movilizacion	Tiempo Cnl namñ' O min.	Valoración rilmoda lraejo	T11Inpo Normaliz. min	de Suplemanl	Tanpo Nbindarmin	Tanpo C min	USPTotal nin	USP Total hra
Ciclo	170.00	105.0%	178.50	16.0%	207.06	0.00	207.06	3.44
Ciclo	185.00	100.0%	185.00	16.0%	214.60	0.00	214.60	3.58
Ciclo	200.00	90.0%	180.00	16.0%	208.80	0.00	208.80	3.48
Promedio redondeado	185		181		210		210	3.4

Anexo 12: Análisis de las propiedades físicas del bote metálico actual

Propiedades de masa de Cuba de desechos de cobre (Original)

Configuración: Predeterminado <Como mecanizada>

Sistema de coordenadas: -- predeterminado --

Densidad = 7850.00 kilogramos por metro cúbico

Masa = 6648.97 kilogramos

Volumen = 0.85 metros cúbicos

Área de superficie = 86.07 metros cuadrados

Centro de masa: (metros)

X = 1.85

Y = 0.32

Z = -1.27

Ejes principales de inercia y momentos principales de inercia: (kilogramos * metros cuadrados)

Medido desde el centro de masa.

$I_x = (1.00, -0.05, 0.00)$ $P_x = 6232.47$

$I_y = (0.00, 0.00, -1.00)$ $P_y = 11651.31$

$I_z = (0.05, 1.00, 0.00)$ $P_z = 16200.94$

Momentos de inercia: (kilogramos * metros cuadrados)

Obtenidos en el centro de masa y alineados con el sistema de coordenadas de resultados. (Usando notación tensorial positiva.)

$L_{xx} = 6257.01$ $L_{xy} = -493.94$ $L_{xz} = 0.14$

$L_{yx} = -493.94$ $L_{yy} = 16176.41$ $L_{yz} = -0.02$

$L_{zx} = 0.14$ $L_{zy} = -0.02$ $L_{zz} = 11651.31$

Momentos de inercia: (kilogramos * metros cuadrados)

Medido desde el sistema de coordenadas de salida. (Usando notación tensorial positiva.)

$I_{xx} = 17635.99$ $I_{xy} = 3420.60$ $I_{xz} = -15629.57$

$I_{yx} = 3420.60$ $I_{yy} = 49698.73$ $I_{yz} = -2681.72$

$I_{zx} = -15629.57$ $I_{zy} = -2681.72$ $I_{zz} = 35137.95$

Anexo 13: Análisis de las propiedades físicas del bote metálico mejorado

Propiedades de masa de Cuba de desechos de cobre
Configuración: Predeterminado <Como mecanizada>
Sistema de coordenadas: -- predeterminado --

Densidad = 7850.00 kilogramos por metro cúbico

Masa = 5895.28 kilogramos

Volumen = 0.75 metros cúbicos

Área de superficie = 76.26 metros cuadrados

Centro de masa: (metros)

X = 1.85

Y = 0.33

Z = -1.27

Ejes principales de inercia y momentos principales de inercia: (kilogramos * metros cuadrados)

Medido desde el centro de masa.

$I_x = (1.00, -0.05, 0.00)$ $P_x = 5341.51$

$I_y = (0.00, 0.00, -1.00)$ $P_y = 10548.57$

$I_z = (0.05, 1.00, 0.00)$ $P_z = 14414.91$

Momentos de inercia: (kilogramos * metros cuadrados)

Obtenidos en el centro de masa y alineados con el sistema de coordenadas de resultados. (Usando notación tensorial positiva)

$L_{xx} = 5368.25$ $L_{xy} = -491.83$ $L_{xz} = 0.11$

$L_{yx} = -491.83$ $L_{yy} = 14388.17$ $L_{yz} = -0.02$

$L_{zx} = 0.11$ $L_{zy} = -0.02$ $L_{zz} = 10548.57$

Momentos de inercia: (kilogramos * metros cuadrados)

Medido desde el sistema de coordenadas de salida. (Usando notación tensorial positiva.)

$I_{xx} = 15491.82$ $I_{xy} = 3069.35$ $I_{xz} = -13825.19$

$I_{yx} = 3069.35$ $I_{yy} = 44015.15$ $I_{yz} = -2445.43$

$I_{zx} = -13825.19$ $I_{zy} = -2445.43$ $I_{zz} = 31311.77$

Anexo 15: Análisis de elementos finitos (FEA) de la pieza nueva



Descripción
No hay datos

Simulación de Análisis de piezas unitarias

Fecha: sábado, 13 de julio de 2024
Diseñador: Solidworks
Nombre de estudio: Análisis estático 1
Tipo de análisis: Análisis estático

Tabla de contenidos

Descripción	1
Suposiciones.....	2
Información de modelo	3
Propiedades de estudio	6
Unidades	6
Propiedades de material	7
Cargas y sujeciones	8
Definiciones de conector	8
Información de interacción.....	9
Información de malla	9
Detalles del sensor	10
Fuerzas resultantes	10
Vigas	10
Resultados del estudio	11
Conclusión	14

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
<p>d</p> <p>A</p> <p>Datos de curva: N/A</p>	<p>Nombre: ASTMA36 Acero</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Desconocido</p> <p>límite elástico: $2.5e+08 \text{ H/m}^2$</p> <p>límite de tracción: $2e+08 \text{ H/m}^2$</p> <p>Módulo elástico: $2e+11 \text{ N/m}^2$</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.26</p> <p>Densidad: $7,850 \text{ kg/m}^3$</p> <p>Módulo cortante: $7.93e+10 \text{ N/m}^2$</p>	<p>Solido1(Gestión de esquina.s.2(1))(Análisis de piezas unitarias),</p> <p>Solido2(Satiente•Extruir2)(Análisis de piezas unitarias),</p> <p>Solido1(Gestión de esquina.s.2(2))(Análisis de piezas unitarias),</p> <p>Solido3(Gestión de esquina.s.3(2))(Análisis de piezas unitarias),</p> <p>Solido5(Gestión de esquina.s.2(3))(Análisis de piezas unitarias),</p> <p>Solido6(Gestión de esquina.s.3(1))(Análisis de piezas unitarias),</p> <p>Solido7(Satiente•Extruir1)(Análisis de piezas unitarias)</p>

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(H)	0.71195	9.808.03	0.8091	9.808.03
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Nombre de carga	cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-t		Entidades: 1 cara(s), 1 plano(s) Referencia: Vista Lateral Tipo: Aplicar fuerza Valores: ..., -9,806.65, ... N

Definiciones de conector

No hay datos

Información de interacción

Interacción	Imagen de Interacción	Propiedades de interacción
Interacción global		Tipo: Unión rígida Componentes: 1 componente(s) Opciones: Mallado independiente

Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla basada en curvatura de combinado
Puntos jacobianos para malla de alta calidad	16 Puntos
Tamaño máximo de elemento	79.0734 mm
Tamaño mínimo del elemento	3.95367 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

Información de malla • Detalles

Número total de nodos	149525
Número total de elementos	71188
Cociente máximo de aspecto	10.343
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	75.8
El porcentaje de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0.00281
Porcentaje de elementos distorsionados	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:09
Nombre de computadora:	

Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	SumX	SumY	Sum Z	Riesultante
Todo el modelo	N	0.71095	9.808.0)	0.8091	9.808.03

Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	SumX	SumY	SumZ	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

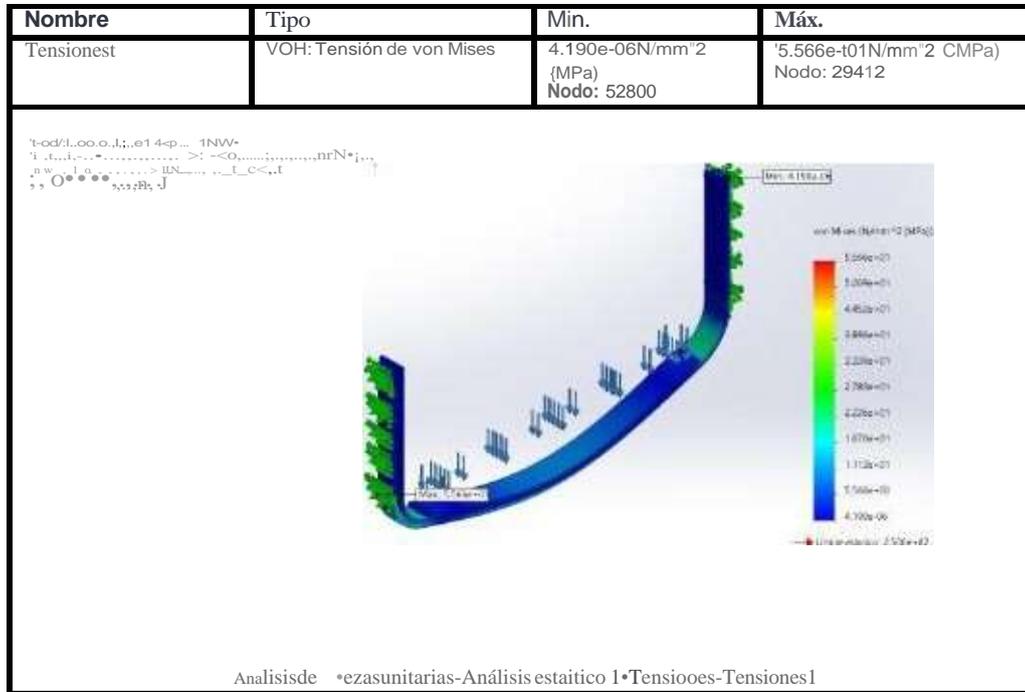
Fuerzas de cuerpo libre

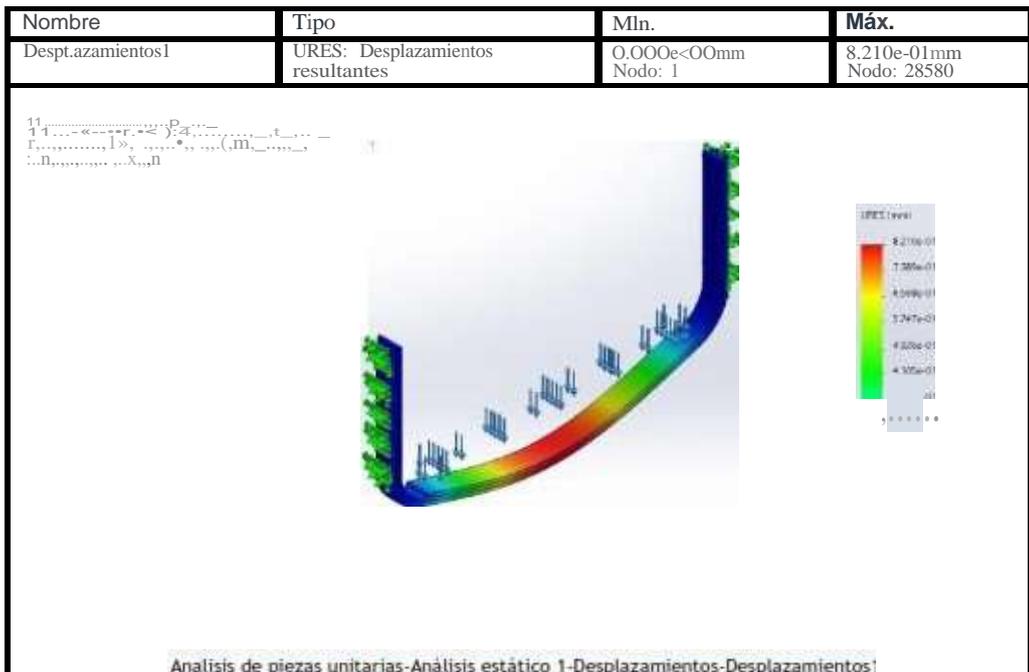
Conjunto de selecciones	Unidades	SumX	SumY	Sum Z	Riesultante
Todo el modelo	N	-5.08049	-.11268	2.79925	6.583

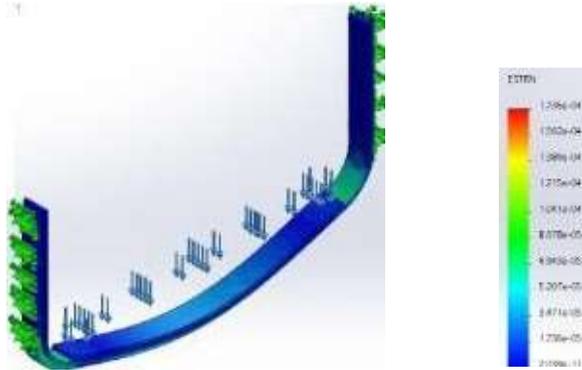
Momentos de cuerpo libre

Conjunto de selecciones	Unidades	SumX	SumY	SumZ	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	1e-33

Resultados del estudio





Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias	ESTRN: Deformación unitaria uivalente	2,0)9e-11 Elemento: 364S	1,736e-04 Elemento: ◀7710
<p>11.....P..... 11.....:.....t..... :.....pw..... :O.n.....to</p>  <p>ESTRN 1,736e-04 1,02e-04 1,98e-04 1,215e-04 1,041e-04 8,075e-05 4,943e-05 1,207e-05 5,874e-05 1,736e-05 2,109e-11</p> <p>Análisis de piezas unitarias-Análisis estático 1-0 deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1</p>			

