



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL CARRERA DE
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLDE UTILIZANDO PLANCHA DE TECHO Y
MALLA ELECTROSOLDADA RECICLADA PARA MEJORAR EL MANTENIMIENTO
DEL HORNO ELÉCTRICO DE UNA EMPRESA DEDICADA A LA PRODUCCIÓN DE
ACERÍA

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero Industrial

Autor: Karla Daniela Donoso Crow

Tutor: Ing. Efrén Agustín Tóala Morán M.Sc.

Guayaquil – Ecuador

2024

CERTIFICADOR DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DE TITULACIÓN

Yo, Karla Daniela Donoso Crow con documento de identificación No.0951484302; manifiesto que:

Soy la autora y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 24 de marzo del 2024

Atentamente,


Karla Daniela Donoso Crow
0951484302

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Karla Daniela Donoso Crow con documento de identificación No. 0951484302, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del proyecto técnico: "Diseño y construcción de un molde utilizando plancha de techo y malla electrosoldada reciclada para mejorar el mantenimiento del horno eléctrico de una empresa dedicada a la producción de acería", el cual ha sido desarrollado para optar por el título de ingeniero industrial, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 24 de marzo del año 2024

Atentamente,


Karla Daniela Donoso Crow
0951484302

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Efrén Agustín Tóala Morán con documento de identificación No. 0920078243, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLDE UTILIZANDO PLANCHA DE TECHO Y MALLA ELECTROSOLDADA RECICLADA PARA MEJORAR EL MANTENIMIENTO DEL HORNO ELÉCTRICO DE UNA EMPRESA DEDICADA A LA PRODUCCIÓN DE ACERÍA”, realizado por Karla Daniela Donoso Crow con documento de identificación No. 0951484302, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 24 de marzo del año 2024

Atentamente,



Ing. Efrén Agustín Tóala Morán M.Sc.
0920078243

DEDICATORIA

En primer lugar, quiero agradecer a mi director de tesis, [nombre del director], por su orientación experta, paciencia y motivación constante a lo largo de todo el proceso de investigación. Su sabiduría y dedicación han sido invaluable para el desarrollo de este proyecto.

También quiero expresar mi gratitud a mi familia, especialmente a mi madre Rosa Crow Méndez, por su amor incondicional y por haberme inculcado valores de perseverancia y determinación. Su constante apoyo emocional y financiero ha sido fundamental para alcanzar este logro.

A mis amigos y seres queridos, les agradezco por entender mi ausencia durante largas horas de estudio y por brindarme palabras de aliento en los momentos de duda. Su amistad ha sido una fuente constante de motivación y alegría.

Además, quiero reconocer el apoyo de mis profesores y compañeros de clase, cuyas enseñanzas e interacciones enriquecieron mi experiencia académica. Su participación y debates constructivos han sido fundamentales para el desarrollo de mis ideas.

Finalmente, quiero agradecer a todas aquellas personas anónimas que participaron en mi investigación, ya sea como entrevistados, colaboradores o fuentes de inspiración. Sus contribuciones han sido valiosas para lograr un trabajo sólido y relevante.

¡A todos ustedes, gracias de corazón! Este proyecto de tesis no habría sido posible sin su apoyo y confianza en mí. Espero que este logro sea también un reflejo de su influencia en mi vida.

¡Gracias!"

DONOSO CROW KARLA DANIELA

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a mi director de tesis Ing. Efrén Agustín Toala Morán, por su valiosa orientación y apoyo a lo largo de todo el proceso. Su experticia y dedicación han sido fundamentales para llevar a cabo esta investigación de manera exitosa.

Agradezco también a mis profesores y compañeros de clase, quienes han brindado su tiempo, conocimientos y comentarios constructivos que han enriquecido mi trabajo. Sus contribuciones han sido vitales para obtener resultados significativos.

No puedo dejar de reconocer el apoyo incondicional de mi familia y amigos. Gracias por su paciencia, comprensión y aliento constante. Su amor y apoyo han sido mi motor durante este arduo camino.

Quiero agradecer a todas las personas que han participado como entrevistados, colaboradores o fuentes de información en este proyecto. Su disposición para compartir sus experiencias y conocimientos ha sido esencial para el desarrollo de esta investigación.

Por último, pero no menos importante, quiero agradecer a todas las instituciones y organizaciones que han brindado recursos para llevar a cabo esta investigación. Su ayuda financiera ha hecho posible la realización de este proyecto.

A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento. Este logro no habría sido posible sin su generoso apoyo y confianza en mí. Espero que estos resultados contribuyan de alguna manera a la comunidad académica y al campo de estudio en el que nos desenvolvemos.

DONOSO CROW KARLA DANIELA

RESUMEN

El proyecto de investigación se concentra en el diseño y la fabricación de un molde perecible destinado al proceso de fundición en el horno de arco eléctrico de ANDEC SA. Esta iniciativa innovadora busca mejorar tanto la eficiencia del mantenimiento del horno eléctrico como la reducción de los costos operativos asociados al proceso. Para lograr este objetivo, se emplean materiales reciclados, específicamente planchas de techo y malla electrosoldada.

La metodología del proyecto abarca desde la etapa inicial de diseño digital utilizando software como Inventor CAM, hasta la instalación y coordinación del molde en colaboración con el departamento de mantenimiento de la empresa. Se trata de un enfoque integral que considera cada paso del proceso, desde la conceptualización hasta la implementación práctica.

Este proyecto se enmarca en una investigación de tipo experimental que compara de manera descriptiva y cuantitativa la situación actual en el área de acería con la propuesta del molde perecible. Se evalúan diversas métricas, como el rendimiento en términos de propiedades mecánicas, resistencia, durabilidad, eficiencia de mantenimiento y el impacto ambiental.

Entre los resultados obtenidos se incluyen detallados planos del molde, los cuales incorporan elementos como bobinas, malla eléctrica y varillas soldadas para garantizar su funcionalidad óptima. Además, se propone la reutilización del 1% de los materiales descartados por la empresa, lo que contribuye a la sostenibilidad y la reducción de residuos.

En cuanto a los aspectos económicos, se destaca que la construcción del molde reciclado logra una reducción significativa de costos, estimada en un 16.67% en comparación con la importación de materiales convencionales. Esta cifra resalta la viabilidad económica del proyecto y su potencial para generar ahorros a largo plazo para la empresa.

En resumen, el proyecto no solo ofrece una solución innovadora para mejorar la eficiencia y reducir costos en el proceso de fundición, sino que también aborda importantes aspectos de sostenibilidad y sustentabilidad, posicionándose como un enfoque pro-activo en la industria siderúrgica.

ABSTRACT

The research project focuses on the design and manufacture of a perishable mould for the casting process in the ANDEC SA electric arc furnace. This innovative initiative seeks to improve both the efficiency of electrical furnace maintenance and the reduction of operating costs. process. To achieve this goal, recycled materials are used, specifically roofing sheets and welded wire mesh.

The project methodology ranges from the initial stage of digital design using software such as Inventor CAM, to the installation and coordination of the mold in collaboration with the company's maintenance department. It is a holistic approach that considers every step of the process, from conceptualization to practical implementation.

This project is part of an experimental research that compares descriptively and quantitatively the current situation in the steel making area with the proposal of the perishable mould. Various metrics are evaluated, such as performance in terms of mechanical properties, strength, durability, maintenance efficiency and environmental impact.

The results obtained include detailed mould drawings, which incorporate elements such as coils, electric mesh and welded rods to ensure optimum functionality. In addition, the reuse of 1% of materials discarded by the company is proposed, which contributes to sustainability and waste reduction.

As for the economic aspects, it should be noted that the construction of the recycled mould achieves a significant cost reduction, estimated at 16.67% compared to the import of conventional materials. This figure highlights the economic viability of the project and its potential to generate long-term savings for the company.

In summary, the project not only offers an innovative solution to improve efficiency and reduce costs in the smelting process, but also addresses important aspects of sustainability and sustainability, positioning itself as a proactive in the steel industry.

INDICE GENERAL

| | |
|---|------|
| CERTIFICADOR DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DE TITULACIÓN | ii |
| CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE | iii |
| TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA | iii |
| CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN | iv |
| DEDICATORIA..... | v |
| AGRADECIMIENTO | vi |
| RESUMEN | vii |
| INDICE GENERAL | ix |
| INDICE DE TABLAS | xii |
| INDICE DE FIGURAS..... | xiii |
| TÍTULO | xv |
| GLOSARIO DE TÉRMINOS..... | xv |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPÍTULO I | 3 |
| EL PROBLEMA | 3 |
| 1.1 Antecedentes | 3 |
| 1.2 Descripción del problema | 4 |
| 1.3 Justificación del problema..... | 5 |
| 1.4 Grupo objetivo beneficiado..... | 6 |
| 1.5 DELIMITACIÓN | 6 |
| 1.5.1 Delimitación de la fabrica | 6 |
| 1.5.2 Delimitación geográfica | 7 |
| 1.6 OBJETIVOS | 8 |
| 1.7 Objetivo general..... | 8 |
| 1.8 Objetivos específicos | 8 |
| CAPÍTULO II..... | 8 |
| MARCO TEÓRICO..... | 8 |
| 2.1 Diseño de moldes en la industria metalúrgica | 11 |
| 2.1.1 Tipos de moldes..... | 12 |

| | |
|---|----|
| 2.2 Materiales de construcción..... | 14 |
| 2.2.1 Acero SAE 1026 | 14 |
| 2.2.2 Electromallas..... | 15 |
| 2.2.3 Lamina de acero A-36..... | 17 |
| 2.3 Equipos..... | 18 |
| 2.3.1 Tipos de soldadura..... | 18 |
| 2.3.2 Electrodo de soldadura | 21 |
| 2.4 Maquinaria | 25 |
| 2.4.1 Tipo de Roladora..... | 25 |
| 2.4.2 Horno de arco eléctrico | 27 |
| 2.4.3 Horno reverbero | 29 |
| 2.4.4 Hornos rotativos | 30 |
| 2.5 Fundición..... | 31 |
| 2.5.1 Tipos fundición..... | 32 |
| 2.6 Herramientas de medición de ondas | 34 |
| 2.6.1 XRF..... | 34 |
| CAPÍTULO III..... | 35 |
| MARCO METODOLÓGICO..... | 35 |
| 3.1 Tipo de investigación | 36 |
| 3.2 Enfoque de la investigación | 36 |
| 3.3 Planos, diseños y estructuras de los moldes..... | 37 |
| 3.3.1 Diseño del soporte del molde..... | 37 |
| 3.3.2 Diseño para refuerzo del soporte | 39 |
| 3.3.3 Diseño del recubrimiento del molde | 42 |
| 3.4 Construcción de molde..... | 43 |
| 3.4.1 Construcción de la base de molde..... | 44 |
| 3.4.2 Recubrimiento del molde de mallas con la bobina de techo..... | 44 |
| 3.4.3 Refuerzos del molde..... | 45 |
| 3.5 Obtención de materia prima | 46 |
| 3.4.4 Diagrama de proceso de la fabricación molde | 46 |
| 3.4.5 Proceso de cada estación del molde..... | 47 |

| | |
|--|----|
| 3.6 Análisis de rendimiento del molde..... | 48 |
| 3.7 Costos de moldes | 50 |
| CAPÍTULO IV..... | 54 |
| RESULTADOS | 54 |
| CONCLUSIONES | 54 |
| RECOMENDACIONES..... | 55 |
| REFERENCIAS..... | 57 |
| ANEXOS | 46 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 3.1: Malla electrosoldada | 39 |
| Tabla 3.2: Varillas de Acero | 41 |
| Tabla 3.3: Bobina de techo | 43 |
| Tabla 3.4: Costo total de molde fabricado por Andec | 49 |
| Tabla 3.5: Cuadro comparativo de costos | 50 |
| Tabla 3.6: Porcentaje de reducción de costos del molde proyectado | 51 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1.1: Plano de distribución de la planta ANDEC S.A | 7 |
| Figura 1.2: Ubicación geográfica | 8 |
| Figura 2.1 Molde Destructible | 12 |
| Figura 2.2: Modelo Permanente por Gravedad | 14 |
| Figura 2.2: Acero SAE 1026 | 15 |
| Figura 2.3: Electromallas | 16 |
| Figura 2.4: Electromalla galvanizada | 16 |
| Figura 2.5: Electromalla de alambre tejido | 17 |
| Fuente 2.6: Lamina de acero A-36 | 18 |
| Figura 2.7: Soldador | 19 |
| Figura 2.9: Soldadura TIG | 20 |
| Figura 2.10: Soldadura GMAW | 21 |
| Figura 2.11: Electrodo de Soldadura | 22 |
| Figura 2.12: Electrodo de rutilo | 23 |
| Figura 2.13: Electrodo básico | 23 |
| Figura 2.14: Electrodo celulósico | 24 |
| Figura 2.15: Electrodo de ácido | 24 |
| Figura 2.16: Roladora tipo pinch | 26 |
| Figura 2.17: Roladora Tipo Zapato Tsih | 27 |
| Figura 2.20: Horno reverbero | 30 |
| Figura 2.21: Horno rotativo | 31 |
| Figura 2.22: Fundición | 32 |
| Figura 2.23: Fundición Gris | 32 |
| Figura 2.24: Fundición nodular | 33 |
| Figura 2.25: Fundición atruchada | 33 |
| Figura 3.2: Varillas de refuerzo 25 mm | 40 |
| Figura 3.3: Diseño para el molde | 42 |
| Figura 3.4: Soporte del molde | 43 |
| Figura 3.5: Recubrimiento del molde | 44 |

| | |
|---|----|
| Figura 3.6: Refuerzo del molde | 45 |
| Figura 3.7: Diagrama | 46 |
| Figura 3.8: Costo de materiales del molde | 50 |
| Figura 3.9: Comparación de costo anual | 50 |

TÍTULO

Diseño y construcción de un molde utilizando plancha de techo y malla electrosoldada reciclada para mejorar el mantenimiento del horno eléctrico de una empresa dedicada a la producción de acería.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Kaizen: Es un término japonés que se traduce como "cambio bueno" o "mejora", representa una filosofía que aboga por una mentalidad donde los pequeños cambios progresivos generan un impacto significativo a lo largo del tiempo.

Mejora continua: Es una estrategia cuyo propósito fundamental radica en suprimir las tareas que no añaden valor dentro del proceso de producción, busca potenciar la eficiencia de las organizaciones y optimizar áreas específicas de una empresa mediante la participación tanto de la alta dirección como de los empleados de base con cambios continuos.

Eficiencia: Capacidad de lograr los resultados deseados con el mínimo posible de recursos.

Certificaciones ISO: Es un conjunto de normas elaboradas por la Organización Internacional de Estandarización (ISO) con el propósito de ordenar la gestión dentro de las empresas en sus diferentes ámbitos y departamentos. Esta organización se encarga de la creación de normas de fabricación, comercio y comunicación que tienen un alcance internacional. La obtención de una certificación ISO garantiza que la empresa o profesional que la posea sigue las normas o estándares para asegurar la calidad, seguridad y eficiencia de sus servicios o productos.

softwares CAD: El software de diseño asistido por ordenador, mayormente conocido por las siglas CAD que provienen del inglés Computer-Aided Design, es un software para crear y editar modelos bidimensionales y tridimensionales de objetos físicos. Aunque también puede encontrarse como CADD, Diseño y Dibujo Asistido por Computadora. Existe una gran variedad de sectores en los que se utiliza CAD de manera muy regular, sobre todo en ingenierías. Esta tecnología permite agilizar trabajo, automatizando los procesos manuales del proceso de diseño de producto, reduciendo errores, ganando velocidad y aumentando la calidad, por ende, la empresa consigue mayor eficacia y productividad, puesto que permite visualizar de manera previa el producto final y además jugar de una forma interactiva con diferentes diseños, sin necesidad de crear un número elevado de prototipo.

Vigas y perfiles estructurales: Son productos fabricados por la técnica de laminación en caliente. El tipo de espesor o la forma que vaya a tener la viga de acero, así como sus cualidades,

son los factores que determinarán su aplicación en la ingeniería y la arquitectura. Entre sus características principales destacan la forma, el peso, sus particularidades y la composición química del material con que está hecho.

Masa refractaria: La masa refractaria sirve para rellenar y sellar juntas y grietas. Se adhiere perfectamente sobre diferentes tipos de superficies: metal, hormigón, ladrillo refractario, piedra o cerámica.

Masa refractaria: La masa refractaria sirve para rellenar y sellar juntas y grietas. Se adhiere perfectamente sobre diferentes tipos de superficies: metal, hormigón, ladrillo refractario, piedra o cerámica.

Apisonado: Acción que se realiza para compactar una superficie como por ejemplo tierra, metales entre otros.

Taladro percutor: herramienta eléctrica que trabaja con diferentes herramientas manuales para perforar, compactar, etc

Horno eléctrico: Es un tipo específico de horno utilizado para fundir metales utilizando calor generando utilizando calor generado por electricidad. Estos hornos están diseñados para alcanzar altas temperaturas necesarias para derretir metales como hierro, acero, aluminio, cobre, entre otros.

Electrosoldadura: Es un proceso de unión de materiales mediante la aplicación de calor generado por la corriente eléctrica. El calor generado por el arco eléctrico funde los materiales, permitiendo que se fusionen y formen una unión sólida una vez que se enfrían.

Molde: Es una herramienta o dispositivo utilizado en procesos de fabricación para dar forma a materiales líquidos o semilíquidos que luego se solidificarán.

INTRODUCCIÓN

En el ámbito industrial, las fábricas han adoptado una estrategia interna orientada hacia la mejora continua llamado por su creador como el método Kaizen, teoría de Masaaki Imai a finales de los años ochenta. Este método ha emergido como un elemento fundamental en la gestión empresarial, Kaizen, caracterizado como la filosofía de mejora continua, ha pasado de ser considerado un catalizador en el desarrollo productivo pues alimenta todas las fases de la empresa, desde el enfoque gerencial hasta enfoque dentro de la planta donde están los obreros. En este contexto, esta tesis se propone explorar la aplicabilidad y beneficios del Kaizen en la industria del acero, contribuyendo así al entendimiento y aplicación de esta filosofía en un sector que requiere eficiencia y adaptabilidad constante, abarcando todas las áreas empresariales. (Suárez Barraza , 2009)

Por lo tanto, la mejora continua desde la perspectiva Masaaki, se concentra en aspectos administrativos, operativos y de producción, lo cual no excluyen en ninguna forma los niveles gerenciales y de mantenimiento. La aplicación rigurosa de estas políticas de mejora es esencial para asegurar la eficiencia y competitividad en un entorno empresarial dinámico y desafiante. (Suárez Barraza , 2009)

A pesar de estos esfuerzos de mejora continua en la industria metalúrgica, en el Ecuador, se ha dado una disminución en la demanda de acero más específicamente en la venta de varillas de hierro, disminución que se la puede adjudicar a la adopción de nuevas tecnologías en el diseño y construcción de viviendas principalmente. (Souza, 2023)

Es decir, la introducción de vigas y perfiles estructurales como alternativas a las tradicionales varillas ha tenido un impacto significativo en el mercado del acero. Ante este panorama, numerosas siderurgias han optado por expandir su portafolio de productos como una estrategia para adaptarse a estos cambios y mantener su posición en las ventas. (Souza, 2023)

No obstante, todas las empresas en el sector siderúrgico enfrentan desafíos adicionales para minimizar costos, maximizar ganancias y mantener o mejorar su competencia en el mercado. Además, se destaca que la rama siderúrgica también debe cumplir con exigencias tecnológicas

para satisfacer la demanda del mercado. Desde 2010, el consumo de acero ha experimentado una disminución drástica, pasando de 500,000 toneladas a 250,000 toneladas.

La primera llevó a una disminución en sus compras internacionales de estos materiales, ejerciendo una presión a la baja en los precios a nivel mundial y en simultaneo mientras, que la recesión en Estados Unidos impactó negativamente en la demanda de productos de construcción, incluyendo hierro y acero, (El Diario. Ec, 2008).

Cabe señalar, que siendo Ecuador un país que utiliza precios internacionales como referencia, se vio directamente afectado por esta dinámica, experimentando una consecuente disminución en la demanda y una presión a la baja en los precios de estos materiales esenciales para el mercado de la construcción, lo que confirma la afectación que Aroca señaló a las principales exportadoras de Acero del Ecuador como son Acerías Nacionales del Ecuador ANDEC S.A y Acería del Ecuador C.A ADELCA (El Diario. Ec, 2008).

No obstante ,si bien desde el año 2010, se dio una disminución del mercado, y una caída significativa de precios, que tuvo su pico más bajo a finales del 2020 , donde estuvo en auge la pandemia del COVID-19, se prevé una recuperación del mercado a nivel mundial, según los datos analizados por la Asociación Latinoamericana del Acero (ALACERO), ellos tienen una proyección de que el mercado global del acero experimentará un crecimiento promedio anual del 2,5%, alcanzando la cifra de 1,8 billones de dólares para el año 2024. (EKOS, 2023)

Este contexto resalta el ¿por qué?, empresas como Adelca y ANDEC adoptan estrategias publicitarias y de marketing, tanto en medios digitales como tradicionales, junto con estrategias específicas para reducir los costos directos de fabricación.

Es importante mencionar que la implementación de tecnologías avanzadas, aunque reduce costos significativos, también implica inversiones elevadas. Estos aspectos deben considerarse cuidadosamente, especialmente dado que la propuesta a desarrollar está destinada a beneficiar a Acerías Nacionales Del Ecuador (ANDEC S.A) al hacer que su proceso productivo sea más eficiente y rentable con un cambio pequeño en uno de sus procesos, es decir, mediante la aplicación del método de la mejora continua, que en síntesis como bien ya se explicó con

anterioridad, con pequeñas acciones se tiene cambios positivos que influirían en el mediano y largo plazo en la maximización del beneficio.

La propuesta presentada en esta investigación se centra en la fabricación de un molde utilizando materiales reciclados de acero, específicamente techos y mallas electrosoldadas, con una duración proyectada de 5000 horas de trabajo. Este enfoque buscará mejorar el rendimiento del horno eléctrico, en contraposición al método actual de construcción de dos moldes mensuales denominados "perecibles".

La implementación de la propuesta no implica infracciones a normativas ambientales, ya que ANDEC S.A. mantiene un sólido compromiso con la observancia de las leyes ambientales, pues ANDEC SA, posee certificaciones que respaldan su gestión de calidad y su responsabilidad ambiental, como los sellos de calidad INEN vigentes desde 1986, la certificación ISO 90012015 para el Sistema de Gestión de Calidad otorgada por BV_CERT, la certificación ISO 14001-2015 relativa al medio ambiente, y la certificación ISO 45001 para la salud y seguridad. Además, su laboratorio de calidad ostenta acreditación bajo la norma ISO 17025, con una especialización en ensayos mecánicos en acero. (ANDEC S.A, 2023)

Esta empresa también ha obtenido certificaciones que respaldan la fabricación de productos en Ecuador y la medición y control de emisiones de gases de efecto invernadero. Todas estas certificaciones dan testimonio de la integridad y el compromiso ambiental de ANDEC S.A., asegurando que cualquier modificación propuesta se llevará a cabo dentro de los límites legales y ambientales establecidos (ANDEC S.A, 2023)

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

La industria siderúrgica es un sector de gran importancia para el desarrollo de cualquier país. En Ecuador, este sector desempeña un papel de gran importancia en la producción de materiales básicos para la construcción, industria automotriz y otras industrias que requieran este tipo de materiales.

Según (García, 2019) desarrollaron un molde de fundición utilizando aluminio y plásticos reciclados, el cual este se utilizó para fundir piezas de aluminio enfocadas específicamente para el sector automotriz, determinando así que el molde reciclado daba un 30% de ahorro en los costos, siendo este más sostenible a diferencia de un molde tradicional. Además, el impacto ambiental se vio reducido en un 20% en comparación al de fabricación tradicional.

También el reciclaje de materiales conocidos normalmente como “Chatarra”, a base de aluminio, acero y neumáticos, determina que la reutilización de estas materias logra reducir significativamente los costos de producción y el impacto ambiental en la industria siderúrgica, según (López, 2019) la chatarra de acero puede ser reutilizada para fabricar moldes para la fundición de piezas, al igual que el aluminio.

La fundición origina una colada (acero líquido) en hornos eléctricos, permite que la mejora en calidad del acero fundido obtenga una resistencia, ductilidad y tenacidad a la fractura, el autor (Zhang, 2020) por medio de la simulación numérica lograron optimizar el diseño del molde y mejorar la calidad del acero fundido.

El diseño de moldes por medio de software CAD (Diseño asistido por computadora), ha revolucionado la industria del diseño y fabricación, permitiendo así por medio de modelado en 3D un nivel de precisión y detalle alto, facilitando la visualización, análisis y optimización de los diseños antes de su fabricación.

Esos antecedentes evidencian la importancia y beneficios de reutilización de materiales reciclables y el uso de herramientas digitales como medio de optimización y mejora continua de los procesos en la empresa.

1.2 Descripción del problema

El molde empleado actualmente en el proceso de acería requiere una construcción constante, específicamente dos veces al mes. Los ingenieros de planta aseguran que esta práctica se realiza para garantizar que esté disponible durante los periodos de mantenimiento del horno eléctrico.

El inconveniente que ellos evidenciaron radica en que se debe fabricar un nuevo molde para cada mantenimiento, sin la posibilidad de reutilizar el mismo molde para múltiples ocasiones. Esta limitación ha llevado a que el molde sea etiquetado como "perecible", ya que se funde irreversiblemente con la materia prima de acería (chatarra) cuando el horno se traslada al área de producción.

Cabe recalcar que, una vez cumplido su ciclo, el molde pasa por un proceso de fundición donde en conjunto con el material refractario adherido a las paredes de este, es reutilizado para la fabricación de otros productos dependiendo de su composición una vez terminado el proceso.

Por esta razón una vez cumplido su ciclo el molde debe ser reemplazado en su totalidad, ya que al momento de terminar el proceso de función se genera una aleación nueva, la cual no es reutilizable para la fabricación de un nuevo molde, es por eso por lo que se realiza un nuevo procedimiento para ser desechado o reutilizado en otros productos de la empresa Andec S.A. Por lo cual, esta investigación responderá la interrogante de ¿cómo impactaría este nuevo molde en términos de reducción de costos y eficiencia del horno eléctrico durante los periodos de mantenimiento.

1.3 Justificación del problema

Según el personal encargado del proceso de fabricación y mantenimiento del molde, determinan que la necesidad de construir continuamente moldes perecibles con una frecuencia de dos veces al mes presenta un desafío significativo. Dado que cada molde se utiliza únicamente hasta que cumple su ciclo y se funde irreversiblemente con la materia prima de acería, generando así un constante gasto de recursos y costos asociados. La imposibilidad de recuperar el molde perecible después de su uso implica una pérdida sustancial del material, contrariamente a prácticas en otras industrias donde ciertos componentes pueden ser reutilizados o tener una vida útil más prolongada.

La permanencia del molde perecible en el horno y su posterior fusión complica aún más la situación, ya que la masa refractaria resultante no puede ser retirada sin alterar su forma. Esta limitación agrava los costos y la eficiencia del proceso, afectando negativamente en los recursos y costos de la materia prima.

Es decir, que el problema central radica en los elevados costos operativos en la sección de acería, específicamente en la producción de bienes terminados mediante la fundición de acero, la necesidad recurrente de reemplazar el molde del horno eléctrico, compuesto por planchas de acero importadas, dos veces al mes, debido a la corta vida útil de dicho molde, resulta en costos mensuales significativos para la empresa. Estos gastos recurrentes impactan negativamente en la empresa aumentando los costos de fabricación, mantenimiento y tiempo de operación del horno eléctrico.

En última instancia, la razón fundamental detrás de la iniciativa de desarrollar un nuevo molde encuentra su justificación en la necesidad de implementar modificaciones en los procesos de fabricación. Con el objetivo principal de reducir los costos operativos y fortalecer los procesos. Esto implica la urgencia de examinar opciones para determinar una mejora, como la modificación de los materiales utilizados en la construcción del molde perecible.

1.4 Grupo objetivo beneficiado

La empresa Andec S.A se verá beneficiada con este proyecto ya que su realización y posterior aplicación generará una reducción de tiempos, costos en la fabricación y operación del molde, permitiendo así una mejora significativa en el proceso de fabricación.

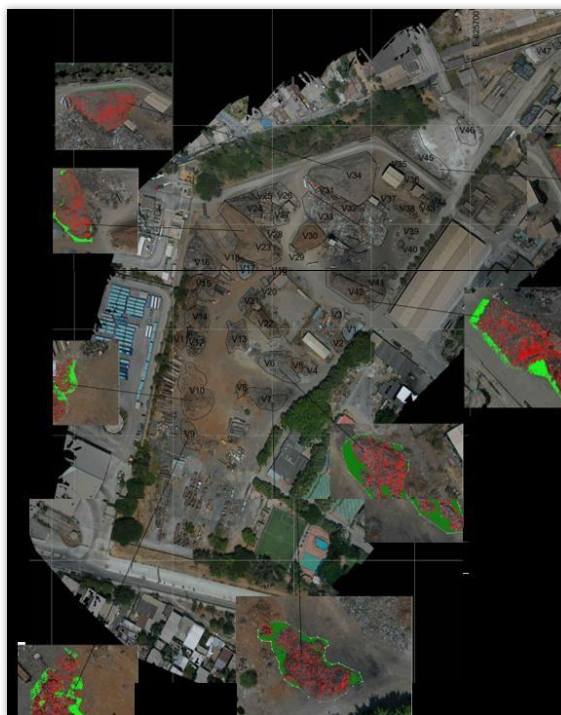
Además, se extendería a jefes, supervisores y trabajadores de planta, quienes ejecutan las operaciones en la acería. También se involucraría al equipo de investigación y desarrollo el cual juega un papel clave en la evaluación y aplicación de cambios en los procesos de fabricación. Como estudiante de ingeniería industrial, el desarrollo de este proyecto permite aplicar los conocimientos adquiridos en el transcurso de la carrera, generando experiencia y mejorando destrezas para la solución de problemas.

1.5 DELIMITACIÓN

1.5.1 Delimitación de la fabrica

La empresa ANDEC está ubicada en la ciudad de Guayaquil de la provincia del Guayas Ecuador, Av. Las Esclusas Solar 9 Primer Pasaje 12-C S-E Mz-2009. Las referencias cercanas a la fábrica se encuentra la estación sur de la METROVIA y al otro lado la fábrica exportadora de mariscos SONGA.

Figura 1.1: Plano de distribución de la planta ANDEC S.A

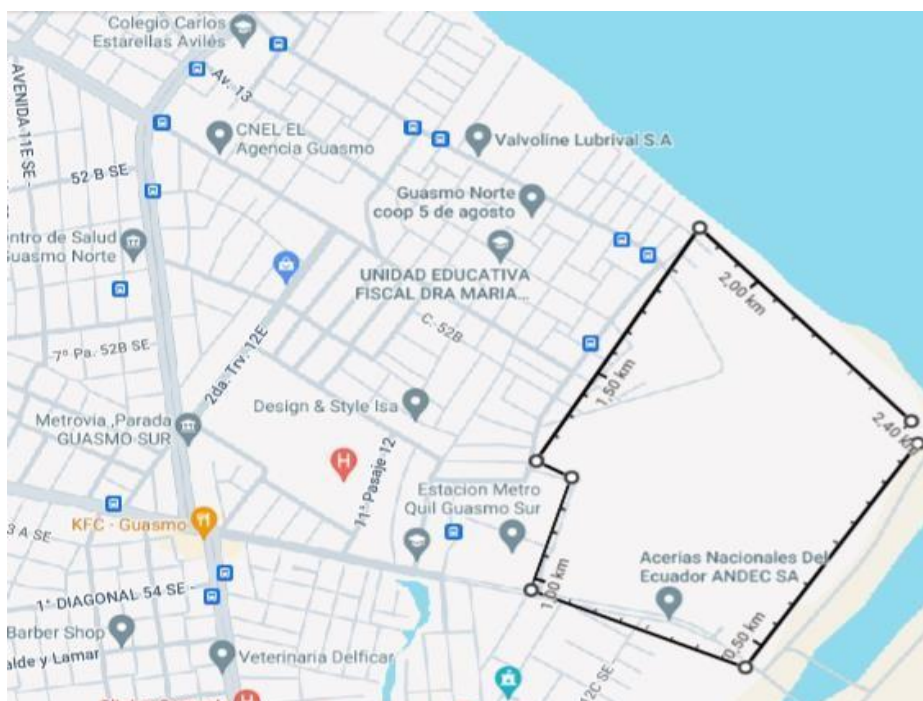


Fuente: ANDEC SA

1.5.2 Delimitación geográfica

La empresa ANDEC está ubicada en el sur de Guayaquil de la provincia del Guayas-Ecuador, las referencias cercanas a la fábrica se encuentra la estación sur de la METROVIA y al otro lado la fábrica exportadora de mariscos SONGA.

Figura 1.2: Ubicación geográfica



Fuente: Google Maps

1.6 OBJETIVOS

1.7 Objetivo general

Diseño y construcción de un molde utilizando plancha de techo y malla electrosoldada reciclada para mejorar el mantenimiento y funcionamiento del horno eléctrico de una empresa dedicada a la fabricación de productos de acero.

1.8 Objetivos específicos

- Diseñar el molde a fabricar mediante la ayuda de una herramienta de diseño CAD.
- Reusar materiales chatarra, en la línea de producción y utilizarlos como materia prima en la fabricación del molde.
- Evaluar la eficiencia del molde diseñado con relación al utilizado actualmente.
- Elaborar un análisis comparativo sobre los costos de cada tipo de molde.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Las empresas buscan maximizar beneficios y para aquellos en Ecuador, especialmente con un alto nivel gerencial y orientadas a la exportación, la gestión de costos se convierte en un

componente esencial (Batista y Estupiñán, 2018). En este contexto competitivo, la eficiencia en la gestión de costos se vuelve imperativa y para la industria siderúrgica, más que una posibilidad, es una necesidad obligatoria. La competitividad en el mercado siderúrgico está directamente vinculada a la eficiencia en la gestión de costos, lo que resalta la importancia de buscar de manera constante estrategias para reducir los costos productivos.

No obstante, no solo es necesario contar con puntos de distribución sino además es muy recomendable que empresas como ANDEC S.A , desarrollen estrategias que les permitan la reducción de los costes productivos, pues es una forma muy certera para mejorar la competitividad dentro del mercado siderúrgico, en este trabajo centraremos los esfuerzos Acerías Nacionales del Ecuador, establecida en 1964, ha desempeñado un papel fundamental en el impulso del desarrollo de la Industria Siderúrgica Nacional. Durante la década de 1980, la empresa diversificó su producción al adquirir un tren laminador. En julio de 1984, la Dirección de Industrias del Ejército (DINE) adquirió la mayoría del paquete accionario con la visión de modernizar la planta, optimizar recursos, aumentar la producción y ampliar su presencia en el mercado (ANDEC S.A, 2020).

Un hito clave en su evolución fue la decisión pionera de iniciar el proceso de certificación ISO 9001 en 1997, una iniciativa inusual para la época en Ecuador. La introducción de tecnología avanzada y la implementación de nuevos procedimientos de Gestión de Calidad llevaron a ANDEC a obtener la Certificación ISO 9001 el 22 de febrero de 2001. Continuando este proceso, el 31 de julio de 2003, la empresa logró la Certificación ISO 9001:2000 y actualmente ha culminado su proceso de certificación del Sistema Integrado de Gestión (SGI), incorporando las normas ISO 14001 y OHSAS 18001 a su sistema de calidad (ANDEC S.A, 2020)

Este compromiso con la excelencia y la mejora continua posiciona a ANDEC como un referente en el sector. En el contexto actual de recesión en las ventas de acero a nivel nacional, la empresa se enfrenta a desafíos significativos, y su capacidad para adaptarse y mejorar sus procesos será crucial para mantener su competitividad en el mercado (ANDEC S.A, 2020)

Las herramientas para poder implementar la mejora continua en un determinado proceso, consiste en varias alternativas para ampliar las lluvias de ideas, es de tener en consideración que hay muchos sistemas que ya están creados simplemente se debe reconocer como adaptarlo

a los procesos de la empresa, otros requieren de años de experiencia o ayudarse con otras áreas o empresas similares que manejen procesos de igual o parecidos a la siderurgia analizada.

Unas de las principales estrategias de mejora en las empresas es el benchmarking tal como explica El Departamento de Empresa y Empleo de la Generalitat de Catalunya, este término que tiene su origen en la geografía, donde se empleaba para medir terrenos mediante marcas en rocas, muros o árboles que funcionaban como puntos de referencia en levantamientos topográficos. En los años 50, esta noción se trasladó al ámbito de las computadoras centrales, siendo adoptada por los clientes para establecer estándares básicos de desarrollo. En la década de los 70, el término se incorporó al lenguaje empresarial, definiéndose como un proceso de medición que implica comparaciones entre empresas. Sin embargo, fue en 1989 cuando Bob Camp, reconocido como el creador del benchmarking como técnica empresarial, le otorgó su significado definitivo al centrarse en comprender y adoptar las mejores prácticas. (Generalitat de Catalunya Departament d'ocupació, 2023).

El benchmarking ha evolucionado para convertirse en una herramienta esencial para las empresas que buscan mejorar y optimizar sus procesos, productos o servicios, mediante la evaluación y adopción de prácticas exitosas de otras organizaciones. Es decir, que es muy diferente a simplemente copiar, de ahí su nombre. Se dice que el primer cliente de una empresa cuando lanza un producto nuevo es la competencia, es por ello que con el pasar de los años la tecnología siempre evoluciona y es gracias a esto, mientras alguien creó un producto y dejó de mejorar, hubo otra empresa que mejoró lo que otro inicialmente lo creó, pero no continuó mejorando, la competencia en ese sentido es buena sino, porque hace que las empresas no se queden atrapados en el tiempo y así cada vez podamos ser más eficiente en la cosas que hacemos o consumimos.

Desde esta perspectiva, la presente investigación adopta un enfoque innovador al proponer la generación de un molde el proceso de fundición, a partir de los residuos ferrosos, comúnmente conocidos como chatarra que aproximadamente la empresa ANDEC S.A utiliza en un 40% versus un 60% de material importado, según datos de (Carrillo Moya, 2013). Esta iniciativa no solo se alinea con la filosofía de mejora continua de ANDEC, sino que también contribuye de manera significativa a la optimización de recursos, promoviendo prácticas sostenibles y eficientes en el sector siderúrgico. La aplicación práctica de estos conceptos en la creación de

un molde representa un paso tangible hacia la integración de procesos más sostenibles y la maximización del valor de los recursos disponibles. (Carrillo Moya, 2013)

2.1 Diseño de moldes en la industria metalúrgica

Según la universidad Politécnica de Cataluña, En el proceso de producción del acero, para se emplean dos elementos clave: el arrabio, extraído a partir de minerales en instalaciones equipadas con altos hornos mediante un proceso integral, y las chatarras, que pueden ser tanto férricas como inoxidable. La elección entre estas materias primas influye directamente en la metodología de fabricación. En términos generales, se opta por producir acero a partir de arrabio mediante la utilización de convertidores con oxígeno. Por otro lado, cuando se elige la chatarra como materia prima, el método exclusivo es el uso del horno de arco eléctrico, caracterizado como un proceso electro-siderúrgico (UPC, 2021).

Este proceso electro-siderúrgico, realizado en hornos de arco eléctrico, tiene la ventaja de poder utilizar casi un 100% de chatarra metálica como primera materia, convirtiéndolo en un método más favorable desde un punto de vista ecológico, pero también desde el punto de vista tecnológico. A pesar de ello, las estadísticas actuales sugieren que alrededor del 85% de las materias primas utilizadas en estos hornos son chatarra metálica. (Martinez, 2021).

A nivel mundial, en 1995, aproximadamente el 59% de las industrias utilizaban convertidores con oxígeno, mientras que el 33% optaba por el horno de arco eléctrico. Este último es particularmente utilizado para la producción de aleaciones de acero, incluyendo el acero inoxidable, donde se añaden elementos como molibdeno, titanio o niobio para conferir propiedades específicas a los aceros.

En el contexto de la reconversión industrial de la siderurgia en España, se abandonó la vía del alto horno, apostando decididamente por la obtención de acero a través del horno eléctrico. En este proceso, la chatarra adquiere un papel central y se somete a rigurosos controles e inspecciones para garantizar su calidad. Esta calidad se evalúa en función de tres factores principales: su facilidad para ser cargada en el horno, su comportamiento de fusión (densidad, tamaño, espesor, forma) y su composición, prestando especial atención a la presencia de elementos residuales difíciles de eliminar en el proceso del horno. (UPC, 2021)

Los procesos de fundición se dividen en tres categorías principales según el tipo de molde empleado según (Carrizo Isaza, 2007).

2.1.1 Tipos de moldes

Molde destructible. - Como el molde se utilizan solo una vez. La creación de un modelo único, que puede ser de cera, poliestireno expandido u otro material. La fabricación de un modelo a partir del modelo, utilizando materiales como arena, yeso o cerámica. La destrucción del molde durante la producción, generalmente al verter el líquido metal. Un ejemplo es la fundición a la cera perdida, donde el modelo es de cera y el molde de arena; al verter el metal líquido, la cera se evapora. Otro caso similar es la fundición vaporizable, con modelo de poliestireno expandido y molde de arena.

Figura 2.1 Molde Destructible



Fuente: INDUCTESA

Molde permanente. - Este grupo se emplea para la producción en grandes volúmenes, ya que el molde es reutilizable. En esta categoría, se destacan la fundición por llenado gravimétrico, la fundición por llenado a presión con cámara caliente o fría, y la fundición centrífuga. (Carrizo Isaza, 2007)

En el proceso de fundición con molde permanente, la modelación del molde se describe detalladamente, Carrizo Isaza, es que el molde, contenga un porcentaje de silicio entre el 4% y el 8%. Esta elección se basa en la premisa de que a medida que aumenta la cantidad de silicio en la aleación, disminuye el tamaño de grano, lo que resulta en una apariencia más refinada del

artículo final. Sin embargo, es crucial evitar el exceso de silicio, ya que un aumento significativo en su cantidad puede dificultar la obtención de piezas sin defectos (Carrizo Isaza, 2007)

Shepel y Paolucci, en su investigación sobre la simulación y llenado de un molde permanente para un pistón de aluminio, utilizando termopares de cromel/alumel para medir la temperatura, concluyeron que, después de 13 ciclos de colado, la temperatura del molde se estabilizó en 460 °C, partiendo de una temperatura inicial de 280 °C. Es importante destacar que este molde contaba con canales internos de enfriamiento mediante agua. (Jami & Danilo , 2018)

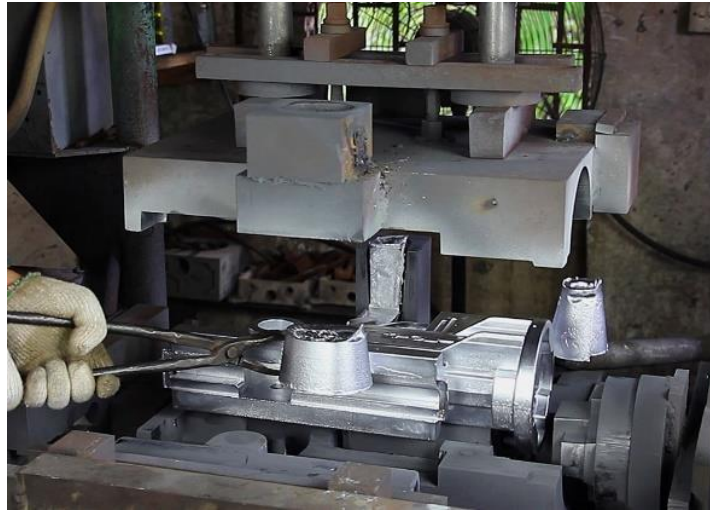
En consonancia c, en contraste Pons I Sans (2004), quien estudió la fundición de un alabe de turbina Pelton, observo zonas más delgadas de la pieza tienden a solidificarse más rápidamente, mientras que las partes con mayor volumen demoran más en solidificar. (Poner cita)

En el caso de los moldes permanentes, se caracterizan por su construcción a partir de cavidades y componentes de acero, siendo reutilizables y mostrando una durabilidad de alrededor de 60,000 piezas, ofrecen acabados superiores y reducen la porosidad en las piezas fundidas. Por otro lado, los moldes de fundición a presión, similares en términos de acabado, utilizan sistemas de presión para inyectar metal fundido, siendo idóneos para producciones de alto volumen. Sin embargo, presentan costos de herramientas significativamente más elevados, es por eso que se propone el uso de la chatarra como material base para la construcción de un molde permanente que permita un volumen importante de producción, el presupuesto disponible y la importancia del acabado en las piezas fundidas. (IMTS, 2024)

La chatarra utilizada puede clasificarse en tres grupos principales: la reciclada, que proviene de despuntes y rechazos originados en la propia fábrica y se caracteriza por ser de excelente calidad; la de transformación, generada durante la fabricación de piezas y componentes de acero; y la de recuperación, que constituye la mayor parte de la chatarra empleada en la acería y proviene del desguace de edificios con estructura de acero, plantas industriales, barcos, automóviles, electrodomésticos, entre otros.

En conclusión, el proceso de fabricación del acero se ha adaptado a nuevas prácticas, destacando la relevancia del horno de arco eléctrico y el uso de chatarra como materia prima principal. El control de calidad de la chatarra se ha convertido en un elemento crítico, contribuyendo a la sostenibilidad y eficiencia en la producción de acero en la industria siderúrgica actual.

Figura 2.2: Modelo Permanente por Gravedad



Fuente: OMNIDEX MINING

2.2 Materiales de construcción

2.2.1 Acero SAE 1026

El acero SAE 1026 es un acero que se utiliza comúnmente en la construcción con bajo contenido de carbono (sin aleación) y tiene un contenido de carbono de hasta 28% formulado para la formación primaria en productos moldeados. Es un material versátil que se puede utilizar en una variedad de aplicaciones, como:

Refuerzo de concreto: El acero SAE 1026 se utiliza en barras de refuerzo para concreto. Lo que ayuda a mejorar la resistencia a la tracción del concreto. (worldironsteel, s.f.)

Figura 2.2: Acero SAE 1026



Fuente: WorldironSteel

2.2.2 Electromallas

El proceso de corte en las mallas electrosoldadas y láminas se lo realiza para poder obtener figuras metálicas de acuerdo con las dimensiones indicadas en los planos, de esta manera una vez obtenido las figuras, se pueden manipular adecuadamente para que los operadores pasen a la segunda fase del proceso que es del armado. Los cortes se lo realizan de varias maneras utilizando diferentes equipos como la máquina tronzadora con discos abrasivos, equipos de oxicorte manual o de control numérico computarizado (CNC), y demás equipos y herramientas como tijeras de lata, cizalla, etc. (Aceros, s.f.)

2.2.2.1. Electromallas de acero

Está hecha a partir de alambres grafilados que se entrecruzan perpendicularmente y se sueldan en sus puntos de contacto con el proceso de soldadura por resistencia eléctrica y se puede utilizar en una variedad de aplicaciones, como refuerzo de concreto cercas y pisos. (Disensa, s.f.)

Figura 2.3: Electromallas



Fuente: ANDEC S.A.

2.2.2.2. Electromalla galvanizada

La electromalla galvanizada está hecha de alambre de acero que ha sido recubierto con una capa de zinc para protegerlo de la oxidación. Se utiliza en aplicaciones donde la malla estará expuesta a los elementos, como cercas y estructuras al aire libre.

Figura 2.4: Electromalla galvanizada

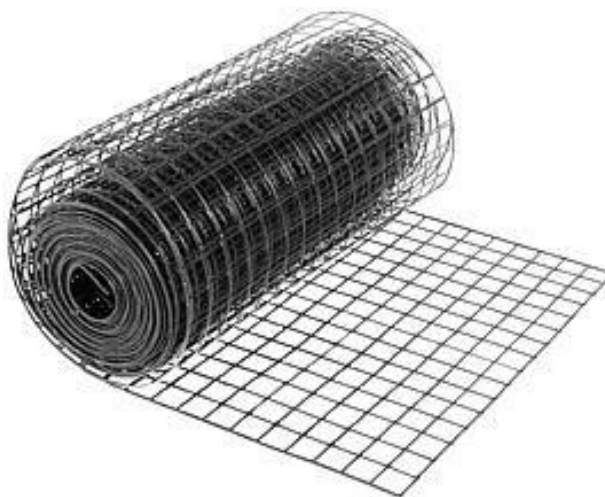


Fuente: INNOVAT

2.2.2.3. Electromalla de alambre tejido

La electromalla de alambre tejido se fabrica tejiendo alambres juntos. Es una malla flexible y resistente que se utiliza en aplicaciones donde se necesita flexibilidad, como cercas y jaulas para animales.

Figura 2.5: Electromalla de alambre tejido



Fuente: ANDEC S.A.

2.2.3 Lamina de acero A-36

El acero A36 es una aleación de acero al carbono y está compuesto en mayor medida por carbono y en cantidades más bajas por carbón, este no supera el 1,2% en peso de su composición, y generalmente oscila su peso en contenido entre el entre el 0,2% y el 0,3%, lo que facilita el proceso de moldeo de este acero mayor cantidad de hierro, su principal ventaja es su comportamiento lineal y elástico hasta la fluencia (Meléndez Villegas & Quelal Quelal, 2009).

Fuente 2.6: Lamina de acero A-36



Fuente: ANDEC

2.3 Equipos

Para la construcción de proyectos de mejora se requiere de varios equipos y maquinarias, de tal manera obtener resultados óptimos y favorables. De no contar equipos propios en la empresa, se puede obtener en muchos distribuidores a nivel País como Indura, Colimpo Mg Welding.

2.3.1 Tipos de soldadura

2.3.1.1. Soldadura por arco

La soldadura por arco es un proceso de unión de metales mediante la aplicación de calor intenso generando por un arco eléctrico. Los equipos de soldadura por arco son las herramientas necesarias para llevar a cabo este tipo de soldadura.

Fuente de alimentación. - La fuente de alimentación proporciona la corriente eléctrica necesaria para crear y mantener el arco eléctrico. Puede ser un transformador, un rectificador o una fuente de corriente.

Para los especialistas es fundamental hacer varios ensayos que les permitan determinar, al momento de desarrollar una junta soldada esta debe cumplir con los parámetros mínimos para llevarlos a cabo, no obstante, para (Gao, y otros, 2016), se requieren muchos más que los recursos materiales y técnicos para que su ejecución porque, caso contrario generarían

ineficiencia productiva, lo cual se traduce costos productivos más altos según (Fienco Estrella & Luna Román, 2022).

Figura 2.7: Soldador



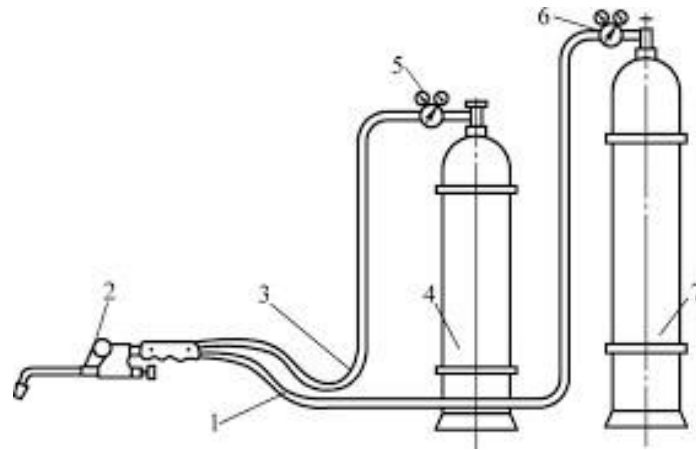
Fuente: Industria FC

2.3.1.2. Soldadura por gas

Es un proceso de unión por fusión que utiliza un arco eléctrico que se establece entre el extremo del electrodo y la pieza a soldar, protegiéndose de la acción del oxígeno, la humedad y el nitrógeno del aire ambiente mediante un flujo de gas distribuido alrededor del punto de función a una ligera presión.

Actualmente, el GMAW recibe esta denominación, la misma que fue aprobada por la AWS, pero anteriormente se conocía como Metal Inert Gas / Metal Active Gas (MIG/MAG); debido a que para proteger la soldadura contra los efectos atmosféricos durante su realización se pueden emplear Argón, Helio o una mezcla de estos gases inertes (MIG); o también dióxido de carbono (CO₂) y nitrógeno (N₂), los cuales son gases activos (MAG). También, se utilizan mezclas de Argón más dióxido de carbono, mismas que si son bien elegidas, mejoran las características del cordón de soldadura. (Rocha Chiluisa Cristian Santiago, 2023).

Figura 2.8: Soldadura por gas

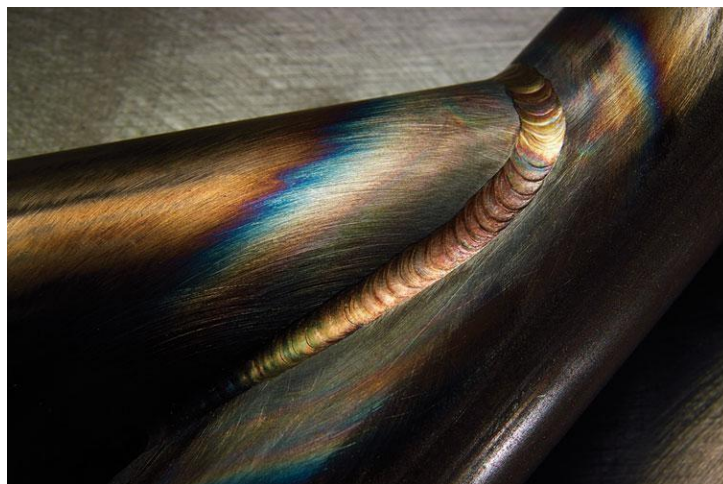


Fuente: MACHINE MFG

2.3.1.3. Soldadura TIG

La soldadura TIG, también conocida como soldadura por arco con gas inerte de tungsteno (GTAW) o soldadura por arco de wolframio con gas inerte (WIG), es un proceso de soldadura por arco que utiliza un electrodo de tungsteno no consumible y gas inerte para proteger la soldadura de la contaminación atmosférica.

Figura 2.9: Soldadura TIG



Fuente: Fabricator

2.3.1.4. Soldadura GMAW

El GMAW se basa en la producción de soldaduras con un electrodo metálico continuo consumible sin revestimiento; cuyas dimensiones y composición deberán ser compatibles con las características de diseño de la unión y el tipo de metal a soldar. El electrodo establecerá un arco eléctrico sobre la unión de los metales base para formar el cordón de soldadura, el arco irá fundiendo el metal base mientras se deposita el metal de aporte (Gráfico N°-2).

La protección gaseosa será aportada por un gas adecuadamente elegido que emanará alrededor del electrodo y cubrirá además el charco de soldadura, el arco y el área adyacente en el metal de trabajo; aislando la soldadura del medio ambiente, pues el oxígeno (O₂) y el hidrógeno provocarían porosidad, fragilidad y fisuras en el cordón de soldadura al enfriarse. El GMAW es semiautomático cuando el depósito de la soldadura se realiza mediante pistola manual, pero la alimentación del electrodo es automática.

Figura 2.10: Soldadura GMAW



Fuente: SGGO

2.3.2 Electrodo de soldadura

Los electrodos 6010 se usan para proporcionar una penetración profunda, el 6011 se puede usar con corriente alterna o continua, el 6012 es una varilla de soldadura de uso general, el 6013 genera un arco suave con poca salpicadura, el 7018 se usa principalmente para soldadura de acero al carbono de bajo a moderado y la característica de la varilla de soldadura 7024 es su alto contenido en polvo de hierro.

También conocidos como electrodos de soldadura, son las varillas metálicas que se funden para crear una unión entre dos o más piezas. Es crucial que esté familiarizado con las varillas de soldadura, ya que elegir la incorrecta puede debilitar la soldadura.

En la siguiente publicación, revisamos los diferentes tipos de carillas de soldadura y explicamos las tareas respectivas para las que están diseñadas.

Figura 2.11: Electrodo de Soldadura



Fuente: Atamy

Electrodos de rutilo. - Los electrodos rútilicos impermeabilizados se usan frecuentemente en la soldadura subacuática por su buen comportamiento tecnológico. Una alternativa para mejorar su comportamiento sería incorporar compuestos químicos a la capa de barniz. En el presente trabajo se presentan los resultados obtenidos con la adición de una mezcla pirometalúrgica exotérmica en la primera capa de barniz de electrodos rútilicos del tipo 6013 y 7024. La mezcla pirometalúrgica propuesta proporciona, por etapas, oxígeno al medio, según la temperatura del revestimiento, alterando así la presión parcial del hidrógeno del medio circundante. El elemento químico portador de oxígeno en la mezcla pirometalurgia se reduce hasta su estado elemental, interactuando después con el baño de soldadura como desoxidante.

Todo este proceso brinda un balance energético favorable al proceso de soldadura. A 50 metros de profundidad se comparan el comportamiento tecnológico, la cantidad de poros en el metal de soldadura, la estructura metalográfica y la composición química de los depósitos metálicos realizados con electrodos barnizados de la manera tradicional y con los barnizados con la

mezcla pirometalúrgica. Con los electrodos del tipo 6013 cubiertos con barniz modificado se logró disminuir los niveles de porosidad en los cordones en un 16% y con los electrodos 7024 en un 59%.

Figura 2.12: Electrodos de rutilo



Fuente: HerPro Tools

Electrodos básicos. - Estos están recubiertos de carbonato cálcico. Como son muy resistentes ante las grietas, son perfectos para las soldaduras de cierta complejidad. También conocidos como electrodos de bajo hidrógeno, son tipo de electrodo revestido que se caracteriza por tener un revestimiento con un bajo contenido de hidrógeno, son un tipo de electrodo revestido que se caracteriza por tener un revestimiento con un bajo contenido de hidrógeno (inferior al 0.40).

Figura 2.13: Electrodos básicos



Fuente: Soldacor S.A.

Electrodos celulósicos. - Están revestidos que se caracteriza por tener un alto contenido de celulosa en su revestimiento. La celulosa o compuestos orgánicos se emplean especialmente en soldaduras de tipo vertical descendente y especiales (como la de gaseoductos), entre otros trabajos muy exigentes.

Figura 2.14: Electrodo celulósicos



Fuente: Gases Argentinos

Electrodos de ácido: Los electrodos ácidos, también conocidos como electrodos revestidos con celulosa, son un tipo de electrodo para soldadura manual por arco eléctrico (SMAW) que se caracteriza por un revestimiento a base de sílice, el manganeso y óxido de hierro son básicos en el compuesto que recubre estos electrodos. Se usan para trabajos con un gran espesor gracias a su gran penetración. Pueden dar fisuras en los casos donde el material base no sea idóneo o no tenga buenas características para ser soldado.

Figura 2.15: Electrodo de ácido



Fuente: DUNIVERSE

2.4 Maquinaria

2.4.1 Tipo de Roladora

2.4.1.1. El rolado

El rolado, también conocido como laminado en caliente, es un procedimiento mecánico en el que se utilizan rodillos para modelar láminas, tubos, perfiles o ángulos, ajustándolos a una forma específica mediante la aplicación de presión durante el paso de la pieza metálica a través de los rodillos. Este método industrial se aplica en diversas operaciones como el laminado, que implica la reducción del espesor de láminas o metales, así como en el curvado de planos y no planos para la formación de placas y perfiles, y en la fabricación de tuberías. (Iza Iza, 2007)

El rolado también se emplea para curvar chapas, proporcionándoles parcial o totalmente una forma cilíndrica o cónica. La herramienta esencial para llevar a cabo este proceso mecánico es la roladora. Los elementos claves que definen las características finales del producto incluyen el diámetro del tubo y el grosor de su pared, siendo necesario realizar el proceso de soldadura en los bordes una vez alcanzada la configuración tubular deseada. (Aceromafe, 2024)

2.4.1.2. Máquina Roladora

La máquina roladora, se clasifican en la roladora de tres rodillo los cuales pueden ser simétricos o asimétricos su característica principal es ser triangular y, la roladora de cuatro rodillos, las cuales son útiles para llevar a cabo el rolado, lo cual se explicó más detallado en el punto anterior, doblar laminas o perfiles metálicos en síntesis es su función, y son usadas por talleres de mecánica como por la industria siderúrgica, (Universidad nacional del Callao, 2022).

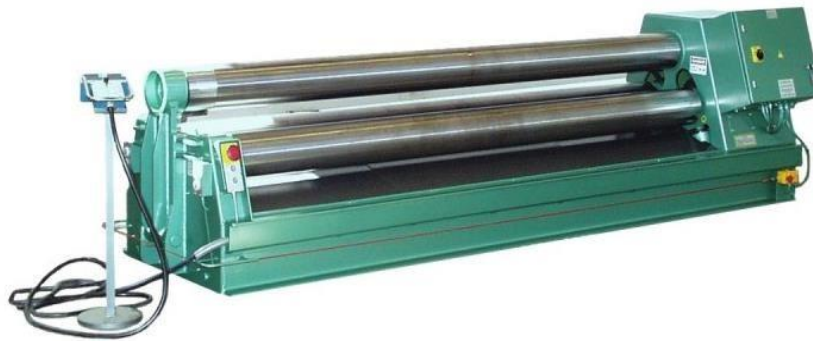
2.4.1.3. Roladoras de tres rodillos

Las roladoras de tres rodillos se pueden destacar, el rodillo superior se mantiene estático, mientras que los rodillos inferiores se pueden mover de una manera independiente, esta capacidad permite llevar a cabo el pre-curvado de la pieza, obteniendo los diámetros deseados en el proceso (Iza Iza, 2007).

2.4.1.4. Roladora Tipo Pinch

La Roladora Tipo Pinch está compuesta por tres rodillos dispuestos en forma de triángulo isósceles, donde el vértice superior corresponde al centro del rodillo de mayor diámetro, el cual es ajustable y responsable de transmitir la fuerza necesaria para el doblado del material. Los rodillos inferiores, de diámetro menor que el superior, carecen de tracción y funcionan mediante el rozamiento con el material; permanecen en una posición fija. En términos generales, la acción de estos rodillos se logra mediante motores, cuya velocidad de rotación se controla a través de un sistema de engranajes. (Universidad nacional del Callao , 2022)

Figura 2.16: Roladora tipo pinch



Fuente: Volta maquinaria industrial

2.4.1.5. Roladora Tipo Zapato Tsih

Consiste en tres rodillos, siendo los dos más pequeños los encargados de transmitir el movimiento y permanecen inmóviles durante la operación, siendo ajustables según el grosor del material. Por otro lado, el tercer rodillo, responsable de dar la curvatura al material, se desplaza diagonalmente y se mueve solo por fricción con el material. La inserción del material se realiza a través de los rodillos fijos, y la acción de los rodillos se logra mediante motores cuya velocidad de rotación se regula mediante un sistema de engranajes. (Iza Iza, 2007).

Figura 2.17: Roladora Tipo Zapato Tsih



Fuente: Direct Industry

2.4.2 Horno de arco eléctrico

Dentro de la industria siderúrgica se encuentra el uso del horno eléctrico, que es una parte fundamental del área de acería, fundamental este procesa la circulación de la corriente en medio de las altas resistencias lo que termina convirtiendo la energía en calor, además otra variante del horno eléctrico es la inducción que al generar un campo magnético que posee alta frecuencia permite que los metales se fundan para una corriente de Efecto Joule. (UPC, 2021)

En cuanto a la fundición de metales en horno eléctrico Soledispa Villamar & Correa Flores (2015), mencionan como ventaja el hecho de no producir humos ni gases contaminantes, con su versatilidad pues afirmando que este puede alcanzar temperaturas hasta 1930° C. Ya que dentro de este se pueden fusionar diferentes metales que permiten elaborar nuevos materiales o aleaciones de estructuras metálicas; según, es decir horno libera Calor y funde los metales a diferentes temperaturas según las características de ellos, de forma directa o indirecta la masa sólida de un giro evidente tanto física o químicamente, (Soledispa Villamar & Correa Flores, 2015).

Según la Universidad Politécnica de Cataluña el proceso de producción del acero, se emplean dos elementos claves: el arrabio, extraído a partir de minerales en instalaciones equipadas con altos hornos mediante un proceso integral y las chatarras que pueden ser tanto férricas como inoxidable. La elección entre estas materias primas influye directamente en la metodología de

fabricación. En términos generales, se opta por producir acero a partir de arrabio mediante utilización de convertidores con oxígeno. Por otro lado, cuando se elige la chatarra como materia prima, el método exclusivo es el uso del horno de arco eléctrico, caracterizado como un proceso electro-siderúrgico (UPS, 2021).

Este proceso electro-siderúrgico, realizado en hornos de arco eléctrico, tiene la ventaja de poder utilizar casi 100% de chatarra metálica como primera materia, convirtiéndolo es un método más favorable desde un punto de vista ecológico, pero también desde el punto de vista tecnológico. A pesar de ello, las estadísticas actuales sugieren que alrededor del 85% de las materias primas utilizadas en estos hornos son chatarra metálica. (Martínez, 2021).

El horno de arco eléctrico es utilizado para la producción de aleaciones de acero, incluyendo el acero inoxidable, donde se añaden elementos como molibdeno, titanio o niobio para conferir propiedades específicas a los aceros. En el proceso de fundición del acero en el horno eléctrico se dan varios pasos (investigar pasos) y esto es confirmado por los técnicos que trabajan en área del horno eléctrico.

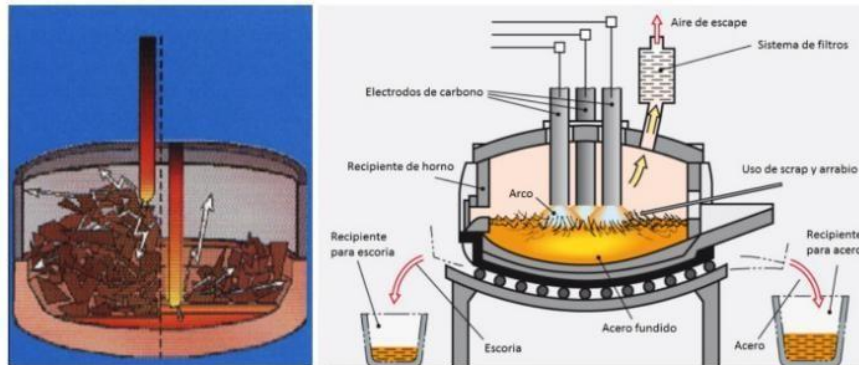
Figura 2.18: Horno arco eléctrico



Fuente: GHI Smart Furnaces

Figura 2.19: Proceso de horno de arco eléctrico

Proceso de horno de arco eléctrico (EAF)



Fuente: GHI Smart Furnaces

2.4.1.6. Ventajas del horno eléctrico la elaboración de productos de acero

La selectividad en el tratamiento de los metales que entran al proceso de fundición evita que estos se contaminen con cualquier externalidad como puede ser el aire, carbón, gas natural u otros de manera que se puedan obtener cualquier tipo de aleaciones especiales. Dentro produce una escoria muy carbonatada que eliminan casi del todo el contenido de fósforo y / o azufre, además de reducir de forma significativa la quema de los metales en procesos de fundición porque no hay llama oxidante según exponen. (Coronel Subía, & Sangucho Simba, , 2019)

2.4.3 Horno reverbero

Los hornos de reverbero se utilizan para la fundición de piezas de grandes dimensiones, tanto de metales férreos como de metales no férreos, como cobre latón, bronce y aluminio. Son de poca altura y gran longitud. En uno de los extremos se encuentra el hogar donde se quema el combustible, y en el extremo opuesto la chimenea. Las llamas y productos de la combustión atraviesan el horno y son dirigidos, por la bóveda de forma adecuada hacia la solera del horno, donde está situada la carga del metal que se desea fundir. Esta carga se calienta, no solo por su contacto con las llamadas y gases calientes sino también por el calor de radiación de la bóveda del horno de reverbero.

Aproximadamente, la superficie de la solera es unas tres veces mayor que la de la parrilla y sus dimensiones oscilan entre un ancho de 150 a 300cm y una longitud de 450 a 1500cm. La

capacidad de los hornos de reverbero es muy variable y oscila entre los 45kg y a los 1000kg que tienen los empleados para la fusión de metales no férreos, hasta las 80 Tm que tienen los mayores empleados para la fusión.

Figura 2.20: Horno reverbero



Fuente: Insertec

2.4.4 Hornos rotativos

Los hornos rotativos están formados por una envoltura cilíndrica de acero, de eje sensiblemente horizontal, que termina con dos estructuras, una en cada extremo. En uno de los extremos está situado el quemador y en el otro la salida de los gases quemados, que generalmente pasan por un sistema de recuperación de calor para precalentar el aire soplado antes de ser evacuados por chimenea.

Todo el interior del horno está revestido con un material refractario. El combustible puede ser gas, gasoil o carbón pulverizado. Se han considerado como hornos de reverbero perfeccionados, ya que además de calentarse la carga por el contacto de las llamas y gases y por la radiación de la bóveda caliente, se calienta también por el contacto directo con la parte superior del horno, que al girar queda bajo la carga.

Con esto se consigue un notable acortamiento del tiempo de fusión, pues se logra evitar el efecto aislante de la capa de las escorias, que flota sobre el baño, que en los hornos de reverbero ordinarios dificulta el calentamiento de la masa del metal. La capacidad de los hornos rotativos para la fusión de los metales varía ordinariamente entre los 50k y las 5 Tm aunque se han llegado

a la construir horno para la fabricación del acero de hasta 100 Tm. También se construyen hornos oscilantes que no llegan a girar, sino solamente oscilar de un lado a otro.

El horno rotativo se emplea para fundir toda clase de metales y aleaciones, como cobre, bronce, latón, aluminio, fundiciones, maleables, aceros, etc., y para la incineración o calcinación.

Figura 2.21: Horno rotativo



Fuente: GHI Smart Furnaces

2.5 Fundición

La fundición es una forma de metalúrgico extractiva. El proceso de fundición reducir la manera mineral para obtener un metal puro, y separarlo de la gana y otros posibles elementos. Generalmente se usa como agente reductor una fuente de carbono, como el coque, el carbón o el carbón vegetal en el pasado. El carbono (o el monóxido de carbono generado a partir de él) saca el oxígeno de la mena de los óxidos (o el azufre, carbonato, etc. en los demás minerales), dejando el metal en su forma elemental. Para ello el carbono se oxida en dos etapas, primero produciéndose monóxido de carbono y dióxido de carbono. Como la mayoría de las menas tienen impurezas, con frecuencia es necesario el uso de un fundente o castina, como la caliza, para ayudar a eliminar la ganga acompañante en forma de escoria.

También se denomina fundición al proceso de fabricar objetos con metales fundidos mediante moldes; que suele ser la etapa siguiente a la fundición extractiva, que es de la que trata este artículo. Las plantas para la reducción electrolítica del aluminio generalmente también se denominan fundiciones, aunque se basan en un proceso físico completamente diferente. En ellas

no se funde el óxido de aluminio, sino que se disuelve en fluoruro de aluminio para producir la electrolisis de la mena. Normalmente se utilizan electrodos de carbono, pero en las plantas de diseño más moderno se usan electrodos que no se consuman. El producto final es aluminio fundido.

Figura 2.22: Fundición



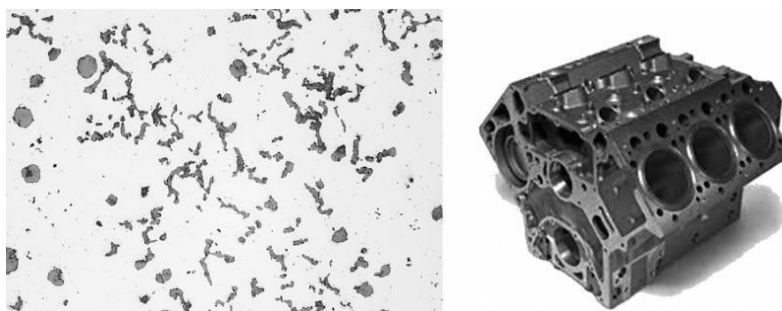
Fuente: Industrias LAVCO

2.5.1 Tipos fundición

2.5.1.1. Fundición Gris

Conocida también como hierro fundido o hierro colado, es una fundición que adquiere forma de escamas, dotando al hierro de su color particular y de las propiedades para su maquinado, con capacidad para el templado y buena fluidez para el colado. Esta aleación ferrosa contiene en general más de 2% de carbono y más de 1% de silicio, además de manganeso, fósforo y azufre. Las fundiciones grises son quebradizas y de baja resistencia a la tracción.

Figura 2.23: Fundición Gris



Fuente: Interempresas

2.5.1.2. Fundición nodular

La mayor parte del contenido de carbono, en el hierro nodular tiene forma de esferoides. Para producir la estructura nodular, el hierro fundido que sale del horno se inocula con materiales como magnesio o cerio. Al encontrarse el carbono en forma esferoidal, la continuidad de la matriz se interrumpe mucho menos que cuando se encuentra en forma laminar; esto da lugar a una resistencia a la tracción y tenacidad mayores que en la fundición gris ordinaria.

Figura 2.24: Fundición nodular



Fuente: Fairbanks Morse

2.5.1.3. Fundición atruchada

Es un tipo de fundición intermedia entre la blanca y la gris, donde parte del carbono se encuentra combinado, formando cementita y la otra parte libre en forma de grafito. Tiene propiedades de ambas fundiciones, siendo difícilmente de maquinar.

Figura 2.25: Fundición atruchada



Fuente: Ferrepro

2.5.1.4. Importancia de la fundición

La fundición en las empresas siderúrgicas es considerada un proceso clave, para la transformación de la chatarra a varillas para la construcción, existen muchos procesos de fundición en la cual consiste en llenar un material líquido en un molde con la forma deseada en la siderurgia se utiliza como molde, LAS LINGOTERAS, hechas de cobre y enfriada constantemente en agua, el líquido se enfría gradualmente y se solidifica, la pieza solidificada se llama fundición. (Eloy, Luis, & Enrique, 2019)

2.6 Herramientas de medición de ondas

2.6.1 XRF

La XRF, o espectrometría de Fluorescencia de Rayos X, se utiliza para determinar la composición elemental de una amplia variedad de materiales. Funciona irradiando la muestra con rayos X y luego midiendo la energía de los rayos X fluorescentes que son emitidos por átomos de la muestra. Se puede utilizar para identificar y cuantificar los elementos presentes en una amplia variedad de materiales, incluyendo metales, aleaciones, minerales, productos químicos, cerámicas, pinturas, plásticos y textiles.

Figura 2.26: Herramientas de medición de ondas



Fuente: Kustom Signals

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

En esta sección se mostrará los pasos que son requeridos para el diseño y elaboración de la propuesta de molde perecible, para el proceso de fundición en el horno de arco eléctrico. Son cuatro los pasos requeridos para la elaboración de dicho proyecto, a saber: Diseño a través de Inventor, preparación de material y corte, rolado, armado y soldadura.

Como primer paso se crea el diseño del boceto de manera digital, en el software Inventor CAM, el cual, con licencia del año 2015, sigue siendo usado en ANDEC S.A, es el que permite visualizar diferentes prototipos. La preparación y selección del material, la empresa andec cuenta con un número de piezas defectuosas de fabricación, las cuales van a ser reutilizadas para la fabricación de este molde, permitiendo así la reducción de costos en la fabricación de este mismo.

Una vez realizado los cortes por medio de oxicorte necesarios para la adecuación del material de fabricación del molde, se coordina toda la logística de transporte hacia el área de preparación del molde, una vez realizado este proceso se prepara la máquina de rolado de marca AKAYAPAC que se describe en la sección 2.2.2, para adecuar el material a la forma requerida descrita en el plano con las medidas necesarias.

Se suelda las piezas, dando forma y soporte para la fundición, El detalle de este molde esta visualizado en la sección 2.1.1. Ya terminado el molde rediseñado, se realizan pruebas de laboratorio y se coordina con el jefe de mantenimiento del horno eléctrico para programar la instalación con el refractario en el horno CONSTELL.

En el proceso del refractario se examina el comportamiento del molde al momento de realizar el apisonado mecánico, verificando que sus cualidades corresponden a las calculadas y verificadas en el laboratorio. Por último, el molde quedará instalado, en el horno eléctrico descrito en el punto 2.4.2, así, con la información recopilada, se realizará el estudio de costos.

3.1 Tipo de investigación

En este proyecto técnico se realizará un estudio experimental que contribuye a mejorar el funcionamiento del molde en el horno eléctrico de la empresa, reduciendo costos de producción.

- Se diseñará y construirá un molde utilizando plancha de techo y malla electrosoldada reciclada.
 - Se realizará pruebas en el laboratorio para evaluar las propiedades mecánicas y térmicas del molde.
 - Se instalará el molde en el horno eléctrico y se evaluará su desempeño durante el proceso de producción de acero.
 - Se va a equiparar el desempeño del molde con el método tradicional de fabricación.

Este estudio experimental proporcionará evidencia científica sobre la eficiencia del uso de un molde de plancha de techo y malla electrosoldada reciclada, para mejorar el costo de mantenimiento del horno eléctrico. La información generada será útil para la empresa y la comunidad académica para la toma de decisiones sobre la adopción del uso de materiales reciclados y su impacto en los costos.

3.2 Enfoque de la investigación

El enfoque propuesto es de carácter mixto que contará con análisis descriptivo, experimental y comparativa. Este enfoque implica llevar a cabo unos análisis de datos acerca del actual

funcionamiento del horno eléctrico, especificando el molde utilizado en el proceso de fundición, y por otra parte se realizarán los experimentos controlados para evaluar la eficiencia y viabilidad económica de los dos métodos de fabricación de moldes, el primero es utilizando materiales reciclados de la línea de producción, también diseñado con CAD.

Este proceso permitirá definir la situación actual del área de acería, con el objetivo final de proponer una mejora al funcionamiento del molde del horno eléctrico que contribuya a la mejora continua de la empresa.

Este enfoque integral busca alinear las estrategias de optimización de recursos tanto en la fabricación de los moldes, como en el área de acería, garantizando coherencia y sinergia en la mejora global de la empresa.

Al final este enfoque nos permitirá visualizar de mejor manera el cambio de patrones utilizado actualmente en el proceso de acería como es el caso del molde perecible y así realizar los cambios necesarios que contribuyan al costo beneficio de la empresa.

3.3 Planos, diseños y estructuras de los moldes

Inventor es un software CAD 3D profesional. Hace uso de avanzadas técnicas de modelado paramétrico, que permiten crear modelos 3D precisos y realizar simulaciones de cualidades físicas (temperatura, fuerza, etc.), generando documentación técnica, lo que es fundamental para garantizar la calidad y el éxito del proyecto.

El usuario diseña piezas a las que posteriormente les puede simular su ensamblaje. Permitiendo la prueba y error, corrigiendo piezas y montajes pueden obtenerse diversas variantes.

3.3.1 Diseño del soporte del molde

El molde para la electromalla se compone de una estructura plana y se presenta en paneles con dimensiones de 6,25m x 2,40m. Este componente, versátil y utilizado en diversos campos como la industria eléctrica o electrónica, requiere de un molde para su conformación adecuada.

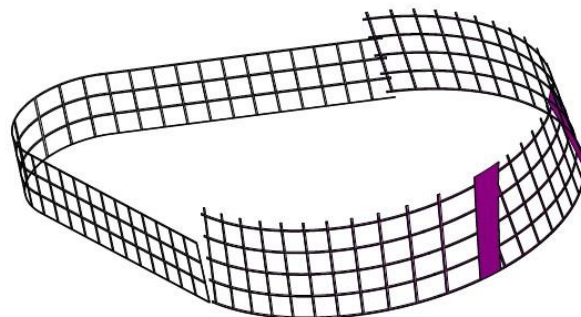
El soporte del molde es fundamental para garantizar la correcta geometría de este y el cumplimiento de las especificaciones de diseño. Debe estar fabricado con materiales capaces

de soportar altas temperaturas y presiones, características comunes con las cuales se encuentra fabricado este elemento.

La robustez del soporte es esencial para resistir las condiciones del proceso, pero también debe permitir la extracción fácil del producto final una vez completado el proceso. En algunos casos, el soporte puede incluir mecanismos de liberación rápida o características que faciliten la extracción de la electromalla una vez formada.

Al diseñar el soporte del molde, se deben considerar factores críticos como la conductividad térmica, la resistencia mecánica y la durabilidad, para garantizar la calidad y consistencia en la producción de la electromalla. Además, el diseño puede variar según el método específico de fabricación utilizado, como la inyección de plástico, la extrusión u otros procesos asociados con la producción de la electromalla.

Figura 3.1: Soporte del molde de la electromalla



Fuente: Elaborado por el Autor

Para la fabricación del soporte del molde se utiliza un material específico que es la electromalla que está diseñado con ciertas características, utilizando alambres grafilados que se entrecruzan perpendicularmente y se electro sueldan en los puntos de contacto. Esta técnica de fabricación garantiza una unión sólida y confiable entre los alambres, proporcionando una estructura resistente y duradera. Las propiedades mecánicas de la electromalla, como la fluencia mínima del alambre de 490 MPa, la resistencia mínima del alambre de 540 MPa y un alargamiento mínimo del 5%, aseguran su capacidad para soportar cargas y resistir deformaciones durante su uso en la construcción de moldes perecibles.

La electromalla ANDEC es un producto fundamental en la industria de la construcción de la creación de moldes perecibles. La empresa se compromete a garantizar la calidad de sus productos y para ello realiza controles rigurosos en sus especificaciones técnicas. Los laboratorios de la empresa están acreditados por el Servicio Ecuatoriano de Acreditación, lo que asegura que los métodos de ensayo se realicen conforme a normativas reconocidas internacionalmente, como INEN-2209, ASTM E-415 e ISO-6892.

Estas normativas garantizan que la electromalla cumple con los estándares de calidad requeridos para su uso en la industria de la construcción. Está disponible en diferentes tipos, cada uno con un espesor de alambre específico y un espaciado entre los entrecruzamientos. Estas especificaciones se detallan en una tabla que incluye el tipo de malla, el espaciado entre alambres, y la saliente longitudinal y transversal. Esto permite a los usuarios seleccionar la electromalla más adecuada para sus necesidades específicas de construcción de moldes perecibles.

Tabla 3.1: Malla electrosoldada
Características de la malla electrosoldada

| Norma | INEN 2209/ASTM A1064 |
|-----------------------|--|
| Espesor | 3.5mm-10mm |
| Designación | Varilla corrugada de acero al carbono |
| Propiedades mecánicas | Resistencia a la tracción: 540 MPa Límite elástico: 490 MPa Elongación: 5% |
| Aplicaciones | Refuerzo de concreto, estructuras, etc. |

Fuente: Ficha técnica ANDEC

La electromalla es un producto de alta calidad diseñado para proporcionar soporte y estructura en la construcción de moldes perecibles. Con propiedades mecánicas robustas, calidad garantizada y especificaciones técnicas detalladas, esta electromalla es una opción confiable para proyectos de construcción que requieren resistencia y durabilidad.

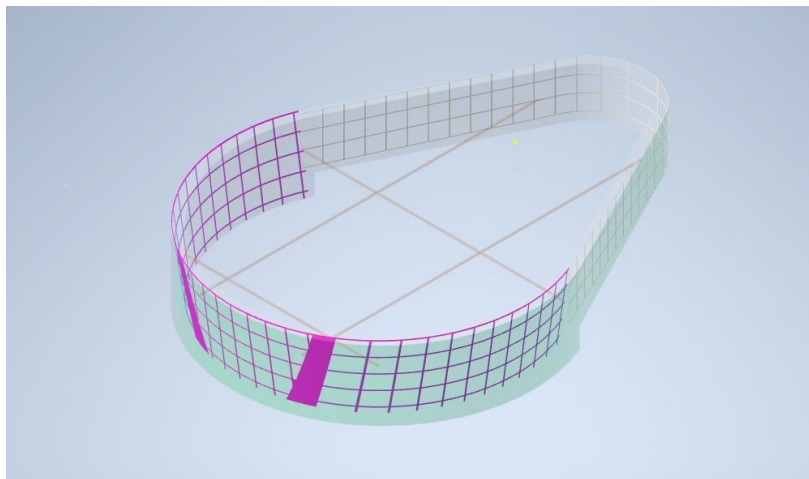
3.3.2 Diseño para refuerzo del soporte

Para este caso, las varillas utilizadas varían en diámetro desde 25 hasta 32 mm y en longitudes de 6 a 9 metros (consultar la ficha técnica adjunta). Posteriormente, se cortan a las dimensiones

requeridas según el plano del molde. De esta manera, se garantiza la resistencia mecánica necesaria para soportar el proceso de formación de la masa refractaria.

Las varillas de refuerzo se integran en la estructura del soporte del molde durante el proceso de fabricación del soporte. Pueden ser colocadas estratégicamente para proporcionar resistencia en áreas críticas y reducir la posibilidad de deformaciones o fallos estructurales.

Figura 3.2: Varillas de refuerzo 25 mm



Fuente: Elaborado por el Autor

El refuerzo del soporte para el molde está fabricado por dos tipos de varillas de acero las cuales pueden ser corrugadas o lisas, esto dependiendo de la disponibilidad para el requerimiento del proyecto del molde. Estas mismas son fabricadas mediante el proceso de laminado en caliente, lo que les confiere una mayor resistencia y maleabilidad. Presentan salientes o resaltes

transversales en su superficie, con un ángulo de 90 grados respecto al eje longitudinal. Esta característica está diseñada para garantizar un mejor refuerzo para dicho proyecto.

Las varillas corrugadas cumplen con normativas rigurosas de calidad, como INEN-2167 y ASTM-A706. Tienen un grado de acero de grado 42 (AS) y están disponibles en diámetros que van desde 8 hasta 36mm. Poseen una resistencia mínima a la fluencia de 420 MPa y una resistencia mínima de 550 MPa. Estas varillas ofrecen una excelente capacidad de carga y resistencia a la tracción, lo que las hace ideales para refuerzos estructurales en la construcción del molde perecible.

Las varillas lisas también son fabricadas mediante el proceso de laminado en caliente. A diferencia de las corrugadas, su superficie es uniforme en toda su longitud, sin salientes ni resaltes transversales. Estas varillas cumplen con normativas como INEN-2222 y tienen una composición química específica, con un máximo de 0,30% de carbono, 1,50% de manganeso, entre otros elementos. Su resistencia y maleabilidad las hacen adecuadas para aplicaciones donde se requiere un refuerzo más discreto en las estructuras de hormigón armado.

ANDEC garantiza la calidad de sus varillas mediante ensayos realizados en laboratorios acreditados por el Servicio Ecuatoriano de Acreditación. Los métodos de ensayo se basan en normativas reconocidas internacionalmente, como INEN-2167, ASTM E-415 e ISO-6892.

Las varillas de acero corrugadas y lisas fabricadas por ANDEC son fundamentales para el refuerzo del soporte de la electromalla en la construcción de moldes perecibles. Con sus características técnicas específicas y su calidad garantizada, estas varillas proporcionan una solución confiable y duradera para proyectos de construcción que requieren resistencia y estabilidad estructural.

Tabla 3.2: Varillas de Acero
Características de las Varillas de Acero

| Norma | INEN 2167 / ASTM A706 |
|--------------|---------------------------------------|
| Espesor | 8mm-36mm |
| Designación | Varilla corrugada de acero al carbono |

| | |
|-----------------------|--|
| Propiedades mecánicas | Resistencia a la tracción: 550 MPa Límite elástico: 420 MPa Elongación: 13% |
| Aplicaciones | Refuerzo de concreto, estructuras, etc. |

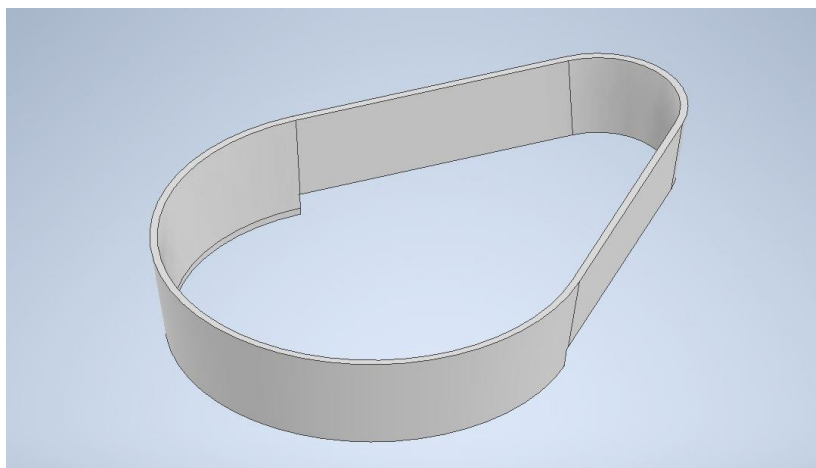
Fuente: Ficha técnica ANDEC

3.3.3 Diseño del recubrimiento del molde

Para el diseño y simulación inicial de esta pieza se utiliza un modelado 2D, el cual se ajusta rápidamente al 3D mediante cambios que se realizan de manera ágil para modificar el volumen requerido en el modelado. Según lo mencionado en los apartados anteriores, Inventor permite un diseño dinámico.

El plano obtenido está diseñado con materiales de techos reciclados, con medidas de ancho de 1100 mm, un espesor de 1.08 mm, una longitud de onda de 175 mm y una altura de onda de 21 mm, con un peso promedio por pieza de 0.48 kg. Para la construcción del molde perecible se utilizan 4 techos. El molde tiene una longitud de 4.200 mm, un diámetro exterior de 2.950 mm y una altura de 700 mm. Los techos tienen un diseño trapezoidal con perfil rectangular, lo que proporciona una estructura robusta y resistente. Esta forma también permite un flujo de agua eficiente y evita la acumulación de humedad en la superficie, lo que es esencial para mantener el molde perecible en condiciones óptimas.

Figura 3.3: Diseño para el molde



Fuente: Elaborado por el Autor

El molde que se utiliza está conformado por 4 techos que le dará una envoltura de la cual están fabricados con láminas de acero recubiertas de Galvalume, una aleación de aluminio y zinc

conocida por su resistencia a la corrosión. Este recubrimiento proporciona una barrera protectora adicional contra la humedad y otros elementos ambientales, lo que es especialmente importante para proteger el molde perecible.

Los techos para el molde perecible fabricados por ANDEC S.A. son productos diseñados con precisión para ofrecer durabilidad y resistencia en entornos específicos donde se requiere un control meticuloso de la temperatura y la humedad.

ANDEC asegura la calidad de sus techos mediante el cumplimiento de normas técnicas internacionales y nacionales. Las especificaciones técnicas detalladas incluyen el grado de acero, el tipo de fabricación, el espesor de la lámina, la resistencia a la tracción, entre otros aspectos. Estas especificaciones garantizan que los techos cumplan con los estándares requeridos para proteger los moldes perecibles de manera efectiva.

Tabla 3.3: Bobina de techo
Características de la Bobina de techo

| Norma | INEN 221 / ASTM-A792 |
|-----------------------|--|
| Espesor | 0.3mm |
| Designación | Acero al carbono laminado en caliente |
| Propiedades mecánicas | Resistencia a la tracción: 360 MPa Límite elástico: 255 MPa Elongación: 18% |
| Aplicaciones | Cubiertas, techos. |

Fuente: Ficha técnica ANDEC

3.4 Construcción de molde

En la construcción del está conformado por tres partes que son: Elctromallas, lamina de bobina de techo y varillas, todo en material de acero.

3.4.1 Construcción de la base de molde

En la figura 3.31 se muestra el proceso de fabricación de la base del molde, que comienza con la utilización de la forma de las electromallas. Estas mallas se dividen en cuatro partes mediante cortes realizados con un equipo de oxicorte, el cual utiliza una combinación de oxígeno y gas propano para llevar a cabo los cortes de manera precisa y eficiente. Posteriormente, estas partes son unidas mediante soldadura, asegurando que las dimensiones se mantengan de acuerdo con el plano establecido. Una vez unidas las partes, se procede a complementar la estructura con la lámina de techo y añadir refuerzos utilizando varillas, con el fin de garantizar la estabilidad y resistencia necesarias para su función como base del molde.

Figura 3.4: Soporte del molde



Fuente: Elaborado por el Autor

3.4.2 Recubrimiento del molde de mallas con la bobina de techo

Después de haber fabricado la base del molde utilizando electromallas, se procede al recubrimiento con lámina de bobina de techo, la cual se moldea para adoptar la misma forma que las electromallas. Para lograr esta conformación, se realizan los cortes necesarios utilizando una tijera de lata debido al fino espesor de la lámina, que es de aproximadamente 0.3mm.

Una vez efectuados los cortes, la lámina se fija a la malla mediante alambres, asegurando una unión firme y estable. La figura 3.32, ilustra claramente cómo las láminas de bobina de techo están adheridas a la base del molde, formando así una estructura sólida y coherente con las electromallas utilizadas como base.

Figura 3.5: Recubrimiento del molde



Fuente: Elaborado por el Autor

3.4.3 Refuerzos del molde

Los refuerzos del molde se llevan a cabo utilizando varillas de acero ANDEC con un diámetro de 25mm. Estas varillas se sueldan de extremo a extremo en el interior del molde, tanto a lo largo como a lo ancho, como se ilustra claramente en la siguiente figura. Para realizar los cortes necesarios en las varillas de refuerzo, se emplea el mismo método que se utiliza para cortar la electromalla, utilizando un equipo de oxicorte. Este proceso garantiza una correcta adaptación de los refuerzos a las dimensiones y forma del molde, asegurando así su resistencia y estabilidad adecuadas para su función.

Figura 3.6: Refuerzo del molde



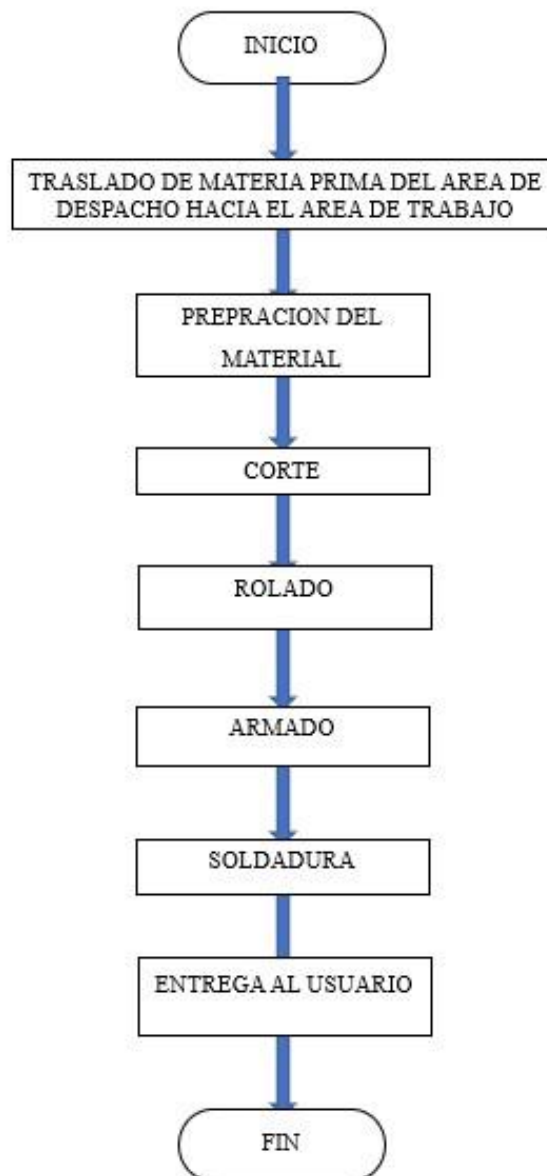
Fuente: Elaborado por el Autor

3.5 Obtención de materia prima

La empresa ANDEC S.A. apuesta por la reutilización y la sostenibilidad, al transformar residuos en oportunidades, ANDEC S.A. ha implementado una iniciativa innovadora que convierte residuos de sus productos en materia prima para nuevos proyectos. Esta iniciativa, involucra a la gerencia comercial y al departamento de control de calidad, buscando aprovechar materiales descartados por no cumplir con los estándares de calidad, pero que conservan sus propiedades físicas. Al reutilizar estos materiales no solo se reducen los costos de producción al disminuir la necesidad de importaciones, sino que también promueve una cultura ambiental responsable y reduce la huella ambiental de la empresa.

Dando prioridad al uso eficiente y escalable, la gerencia comercial se encarga de la recepción y clasificación de los materiales reciclables, mientras que el departamento de control de calidad verifica que estos sean aptos para su reutilización, y aunque la cantidad de residuos reciclables representa un porcentaje pequeño que al mes puede llegar al 1% del proceso actual, este molde utilizaría un 0,004% mensuales mejorando la sostenibilidad y la eficiencia en ANDEC S.A.

3.4.4 Diagrama de proceso de la fabricación molde

Figura 3.7: Diagrama

Fuente: Elaborado por el autor

Este proceso comienza con la recepción de la materia prima desde el área de despacho, seguido de la preparación del material, el corte, el rolado y el armado de las piezas. Luego, se lleva a cabo la soldadura para unir las partes, y finalmente se entrega el molde al usuario. Una vez completada esta etapa, el proceso llega a su fin.

3.4.5 Proceso de cada estación del molde

1. Se realiza la gestión al área de comercial de adquisición de materiales de electromallas, láminas de techo y varillas lisas o corrugadas.

2. Se realiza la planificación semanal de todos los trabajos de la planta de producción incluyendo el molde.
3. Se prepara los materiales adquiridos con cortes de acuerdo con el plano.
4. Los materiales cortados de electromalla pasan al área de rolado.
5. Los materiales pasan al área de soldadura para empezar con el ensamble de todas las piezas.
6. Terminado el ensamble, se realiza la entrega del molde al área de refractario, con la entrega termina el proceso de fabricación del molde.
7. El área de refractario traslada el molde hacia el horno eléctrico para el respectivo mantenimiento.
8. Una vez trasladado el molde al horno, empiezan con el proceso de fabricación de la masa refractaria.
9. Terminado la masa refractaria, el horno termina su proceso de mantenimiento, esperando su planificación para el cambio de horno y posterior fundición de la materia prima chatarra.

En el proceso de fundición se consume inmediatamente el molde perecible junto con la chatarra, quedando la masa refractaria que durará 15 días para el próximo cambio del horno y así sucesivamente seguir con la fabricación del molde para los mantenimientos quincenal.

3.6 Análisis de rendimiento del molde

Análisis de rendimiento del molde de plancha de techo y malla electrosoldada reciclada, se tiene los siguientes aspectos:

1. Propiedades mecánicas:

- Capacidad 3.000 ton. De acero en el horno y del molde es de 40 ton. (15 usos), dependiendo de la producción. Diámetro 2,75mm.
- Resistencia a la flexión: No presenta deformaciones en el uso.
- Resistencia a la fatiga: Se utilizará dos veces el molde, son dos campañas.

2. Resistencia a la temperatura:

- 1.600 grados Celsius.

3. Durabilidad:

- El molde es perecible. La masa refractaria tiene una duración de 15 días, creada por el molde.

4. Eficiencia del proceso de mantenimiento:

- El molde es fácil de retirar y pasa a un nuevo proceso de residuo.

5. Impacto ambiental:

- Se reduce la huella de carbono.
- Se reduce, recicla y, reutiliza materia prima.

Para realizar el análisis de rendimiento, se pueden utilizar diferentes herramientas y técnicas:

- Pruebas de laboratorio: Se realizan pruebas mecánicas, térmicas y de resistencia a la corrosión para evaluar las propiedades del molde.
- Simulaciones computacionales: Se pueden realizar simulaciones para analizar el comportamiento del molde bajo diferentes condiciones de operación.
- Análisis de datos históricos: Se pueden analizar datos históricos del proceso de mantenimiento del horno eléctrico para comparar el rendimiento del nuevo molde con el método actual.

Es importante realizar un análisis integral del rendimiento del molde considerando todos los aspectos mencionados anteriormente. Este análisis permitirá determinar la viabilidad técnica,

económica y ambiental del uso de la plancha de techo y la malla electrosoldada para la construcción del molde.

3.7 Costos de moldes

Considerando los costos del molde en los que incurre la empresa para la fabricación de los moldes se tiene la siguiente información detallada en la tabla 3.4.

Tabla 3.4: Costo total de molde fabricado por Andec

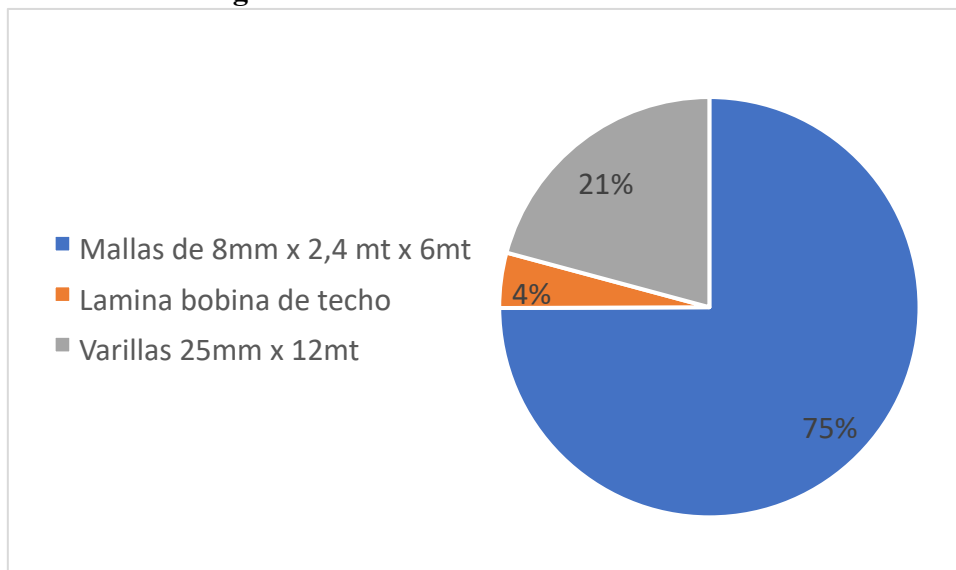
| Costo de molde fabricado por la empresa | | | |
|--|----------------------|-----------------|-------------------------|
| Descripción | Cantidad en un molde | Precio unitario | Costo total en un molde |
| Mallas de 8mm x 2,4 mt x 6mt | 2 | 90 | 180,00 |
| Plancha de techo (mt) | 12 | 0,8 | 10,20 |
| Varillas 25mm x 12mt (qt) | 1 | 50 | 50,00 |
| COSTO TOTAL DEL MOLDE | | | 240,20 |

Fuente: Elaborado por el autor

La malla que se utiliza para la fabricación del molde es de 8mm de diámetro con dimensión general de 2,4mt de ancho x 6mt de largo y una dimensión transversal y longitudinal en las varillas de 150x150mm.

Al desglosar estos costos, se puede observar que cada molde individual tiene un costo aproximado de \$240.20. Este costo por molde representa la suma de los materiales utilizados específicamente para construir cada molde, teniendo en cuenta la cantidad y el tipo de material necesario para su fabricación.

Es importante tener en cuenta que estos costos pueden variar según factores como la fluctuación de precios de los materiales, el volumen de producción y cualquier cambio en los procesos de fabricación. Sin embargo, estos cálculos proporcionan una estimación útil para la planificación y gestión financiera de la producción de moldes.

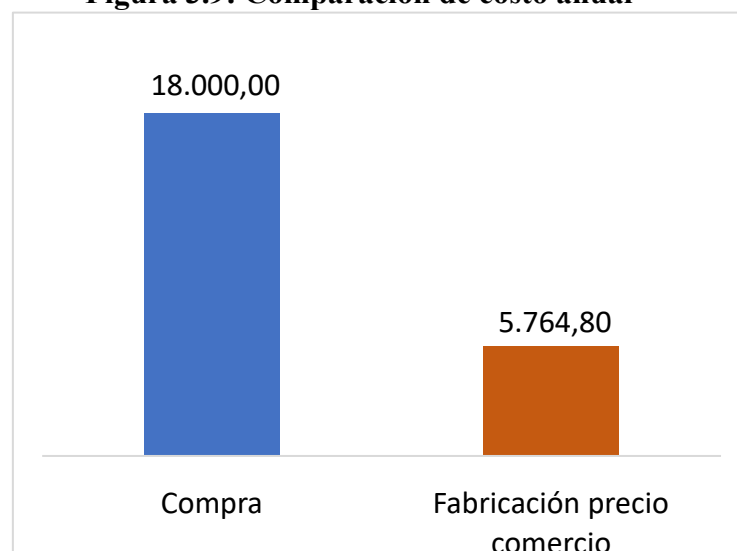
Figura 3.8: Costo de materiales del molde

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 3.5: Cuadro comparativo de costos

| Comparativo costo de molde | |
|----------------------------|-------------|
| Compra | Fabricación |
| \$ 750,00 | \$ 240,20 |

Fuente: Elaborado por el autor

Figura 3.9: Comparación de costo anual

Fuente: Elaborado por el autor

La reducción de costos en la fabricación de moldes en ANDEC es notable y significativa. Se ha logrado un ahorro del 68%, lo que equivale a una cifra de \$12,235.20 cuando se utilizan materiales comerciales estándar. Esta disminución en los costos demuestra una eficiencia financiera considerable para la empresa.

Estos resultados confirman que la utilización de material reciclado interno es una estrategia rentable para ANDEC. No solo demuestra que es posible producir materiales de calidad en la empresa, sino que también permite alcanzar ahorros financieros significativos. Esto no solo beneficia a la empresa en términos de costos, sino que también puede mejorar su sostenibilidad y su imagen ambiental al reducir el uso de recursos externos y fomentar prácticas ecoamigables. En resumen, la adopción de materiales reciclados no solo es económicamente viable, sino que también representa una inversión en la sostenibilidad y el futuro de la empresa.

Tabla 3.6: Porcentaje de reducción de costos del molde proyectado

| Reducción de costo del molde | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|---------------|--------------------|
| Descripción | Cantidad de molde | Compra | Fabricación |
| Costo unitario | 1 | 750 | 240,20 |
| Costo molde mensual | 2 | 1.500,00 | 480,40 |
| Costo molde anual | 24 | 18.000,00 | 5.764,80 |
| COSTO TOTAL DEL MOLDE | | | 6.485,40 |

Fuente: Elaborado por el autor

El costo total del material del molde, que incluye el uso de malla, plancha de techo y varilla durante todo un año, asciende a \$5,764.80. Esto se calcula considerando el consumo de estos materiales para múltiples moldes a lo largo del año.

Los resultados de los costos muestran de manera cuantitativa las ventajas económicas significativas derivadas de la implementación del nuevo diseño de molde. Este análisis revela un ahorro mensual de \$1.019,60 y un ahorro anual total de \$12.235,20.

Este análisis demuestra claramente la eficacia financiera y económica de la fabricación interna del molde con material reciclado. Además de los ahorros financieros directos, este enfoque también puede tener beneficios adicionales, como la reducción de residuos y el fortalecimiento de la sostenibilidad ambiental de la empresa. En resumen, la implementación del nuevo diseño de molde no solo ofrece ahorros considerables en costos, sino que también promueve prácticas empresariales más responsables y sostenibles.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

Después de la implementación del proyecto, se logró una reducción significativa en los costos y se obtuvo un beneficio considerable, con una relación costo-beneficio de 4,01. Esto indica que la inversión realizada ha generado un retorno positivo para la compañía.

El diseño y construcción del molde utilizando plancha de techo y malla electrosoldada reciclada ha mejorado tanto el mantenimiento como el funcionamiento del horno eléctrico de ANDEC. Esta innovación ha demostrado ser efectiva para optimizar los procesos de producción en la planta.

La elección del software Inventor CAD se debió a la vigencia de su licencia actual, que data del año 2015. Esta herramienta proporciona las funcionalidades necesarias para el diseño y la ingeniería del nuevo molde de manera eficiente y precisa.

Se llevaron a cabo pruebas exhaustivas para evaluar la eficiencia del nuevo molde en comparación con el utilizado anteriormente. Los resultados obtenidos confirmaron la viabilidad y la factibilidad del nuevo diseño, lo que respalda su implementación en la producción.

Finalmente, se realizó un análisis comparativo detallado de los costos asociados con cada tipo de molde. Esta evaluación proporcionó información valiosa para la toma de decisiones estratégicas en futuros proyectos de fabricación de moldes, asegurando una gestión económica eficiente y efectiva.

CONCLUSIONES

En resumen, la implementación del proyecto no solo implica una reducción considerable de costos, sino también un incremento proporcional de los beneficios económicos, destacando la mejora significativa en el rendimiento del horno eléctrico de ANDEC gracias al uso del molde perecible, cuya implementación es sencilla.

Es relevante subrayar que, aunque hay opciones más avanzadas para generar modelados paramétricos, como aquellas respaldadas por inteligencia artificial, el diseño en un software como Inventor y la función del laboratorio de pruebas desempeñan un papel esencial para minimizar las posibles pérdidas asociadas al método de ensayo y error.

Los del proyecto se lograron desde una perspectiva de eficiencia del proceso, reducción de costos de producción y promoción de la sostenibilidad mediante el uso de materiales reciclados. El diseño del molde se llevó a cabo con herramientas CAD, permitiendo una visualización precisa del proceso de fabricación, y se aprovecharon materiales con defectos de fábrica, como la electromalla y la bobina de techo, como materia prima para el molde, contribuyendo así a la eficiencia económica y a la sostenibilidad ambiental.

La eficiencia del nuevo molde se evaluó completo en comparación con el utilizado actualmente, validando su desempeño y efectividad en el proceso productivo. Se realizó un análisis comparativo de costos que demostró de manera cuantitativa las ventajas económicas de la implementación del nuevo diseño, lo cual mostro un ahorro mensual de \$480,40 y con un ahorro anual de \$6.485,40. Si esto se traduce a costo por tonelada de acero producido tenemos que el costo por tonelada con la compra de molde es de \$0,21 en el caso de comprar y con la fabricación es de \$0,01 con la fabricación en la empresa con material reciclado, con un ahorro del 94%.

En conclusión, la investigación y aplicación práctica de un molde perecible diseñado mediante CAD, utilizando materiales reciclados y evaluando su eficiencia en comparación con los moldes convencionales, ha resultado en una solución rentable y efectiva para optimizar el proceso productivo de ANDEC.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar el proyecto puesto que genera una alta relación de beneficio costo. El estudio comparativo, de los costos demuestran una reducción de costos anuales.

- El diseño e implementación de material residual de los procesos, es decir el reciclaje y reutilización, mejora notablemente el impacto de la empresa en el medio ambiente. Fomentando la reducción de la huella de carbono y convirtiéndose en un pilar en la comunidad como empresa amigable con el medio ambiente.
- La compañía ANDEC debería invertir en nuevo software y en capacitación.
- Los moldes perecibles, servirán como un aliciente económico importante, que deben ser implementados con énfasis en el reciclaje, enfocados en el método Kaizen.

REFERENCIAS

- Aceromafe. (Febrero de 2024). *ACEROS Y MATERIALES FERROSOS, SA* . Obtenido de Proceso del Rolado : <https://www.aceromafe.com/proceso-de-rolado/>
- ANDEC S.A. (2020). *Página oficial ANDEC S.A.* Obtenido de <https://www.andec.com.ec/nuestra-historia/#:~:text=ANDEC%2C%20Acer%C3%ADas%20Nacionales%20del%20Ecuador,adquisici%C3%B3n%20de%20un%20tren%20laminador.>
- ANDEC S.A. (2023). *aNDEC FUERZA INTERIOR.* Obtenido de CERTIFICACIONES AMBIENTALES Y DE CALIDAD: <https://www.andec.com.ec/certificaciones/>
- ANDEC S.A. (2023). *Página oficial ANDEC.* Obtenido de <https://www.andec.com.ec/nuestrahistoria/>
- Carrillo Moya, V. A. (NOVIEMBRE de 2013). *Tesis Guia de implementación de un sistema integrado de Gestión Soportado con un plan de aseguramiento de calidad en la empresa Acerías Nacionales del Ecuador. ANDEC SA empresa del grupo HOLDINGDINE S.A.* Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/8074/4/CD-5218.pdf>
- Carrizo Isaza, P. (2007). *MODELACIÓN Y ANÁLISIS DE UN MOLDE PARA FUNDICIÓN DE ALUMINIO POR COQUILLA.* Obtenido de <https://repository.eafit.edu.co/server/api/core/bitstreams/a24172a3-d962-4497-a06a-1ecc8fc9ece5/content>
- Coronel Subía, , M. A., & Sangucho Simba, , A. S. (2019). *Diseño e implementación de un horno basculante para fundir aluminio.* Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/5502>
- EKOS. (20 de Agosto de 2023). Ramiro Garzón y los 50 años de Novacero. *Ekos Construcción.* Recuperado el 20 de febrero de 2024, de <https://ekosnegocios.com/articulo/ramirogarzon-y-los-50-anos-de-novacero>
- El Diario. Ec. (Martes de 10 de 2008). Economía. *El hierro y el acero bajan sus precios*, págs. 1-2. Obtenido de <https://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/96658-el-hierro-y-el-acero-bajan-sus-precios/>
- García, J. (2019). Diseño y construcción de un molde de fundición utilizando materiales reciclados.
- Generalitat de Catalunya Departament d'ocupació. (2023). *BENCHMARKING* . Catalunya: El

Departamento de Empresa y Empleo de la Generalitat de Catalunya y Barcelona Activa SAU SPM.

IMTS. (2024). *International Manufacturing Technology Show*. Obtenido de <https://www.metalmecanica.com/es/noticias/moldes-de-fundicion-guia-completa-paramejorar-la-produccion>

Iza Iza, S. (2007). *Dimensiones y construcción de una roladora manual para laboratorio*. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1504/1/CD-0830.pdf>

Jami, J., & Danilo, M. (2018). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLDE PERMANENTE PARA LA FABRICACIÓN DE BORNES DE BATERÍA AUTOMOTRICES*. Obtenido de <http://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/2793>

Labrada, García Hernández, & Parada, A. (Noviembre- Diciembre de 2023). Diseño y fabricación de un molde metálico para fundición de aluminio. *IM ingeniería Mecánica*, 26(1). Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/369327922_Disenio_y_fabricacion_de_un_molde_metalico_para_fundicion_de_aluminio_Design_and_manufacture_of_a_metal_mold_for_cast_aluminum_Este_documento_posee_una_licencia_Creative_Commons_Reconocimiento-No_Comer

López, A. (2019). Reutilización de materiales de desecho en la fabricación de moldes para la industria metalúrgica.

Lucio, R. H. (2018). *Metodología de la investigación*.

Martínez, E. R. (2021). *Tesis doctoral Optimización del proceso de fabricación de acero en horno de arco eléctrico mediante algoritmos machine learning y procedimientos experimentales específicos para la detección de macroinclusiones no metálicas*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=303668>

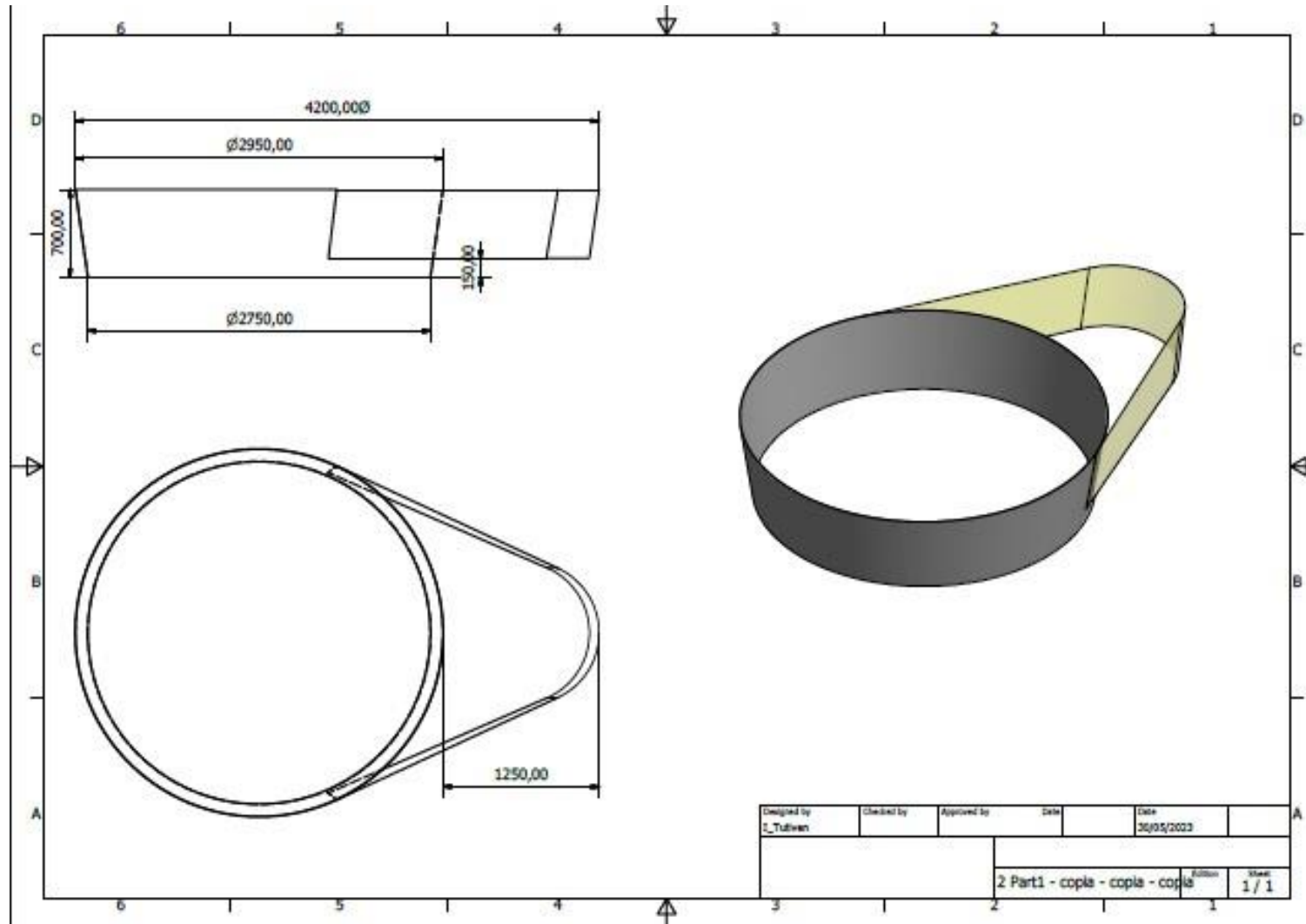
Rocha Chiluisa Cristian Santiago, V. S. (2023). ANÁLISIS, EVALUACIÓN Y CONTROL DE EMISIONES DE GASES EN LOS PROCESOS DE SOLDADURA. *Universidad Técnica de Cotopaxi*, <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/5184/1/T002880.pdf>.

Soledispa Villamar, L. E., & Correa Flores, P. C. (2015). *Optimización del proceso de Fundición del Acero mediante inyección de oxígeno al horno de fundición*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10268/1/UPS-GT001300.pdf>

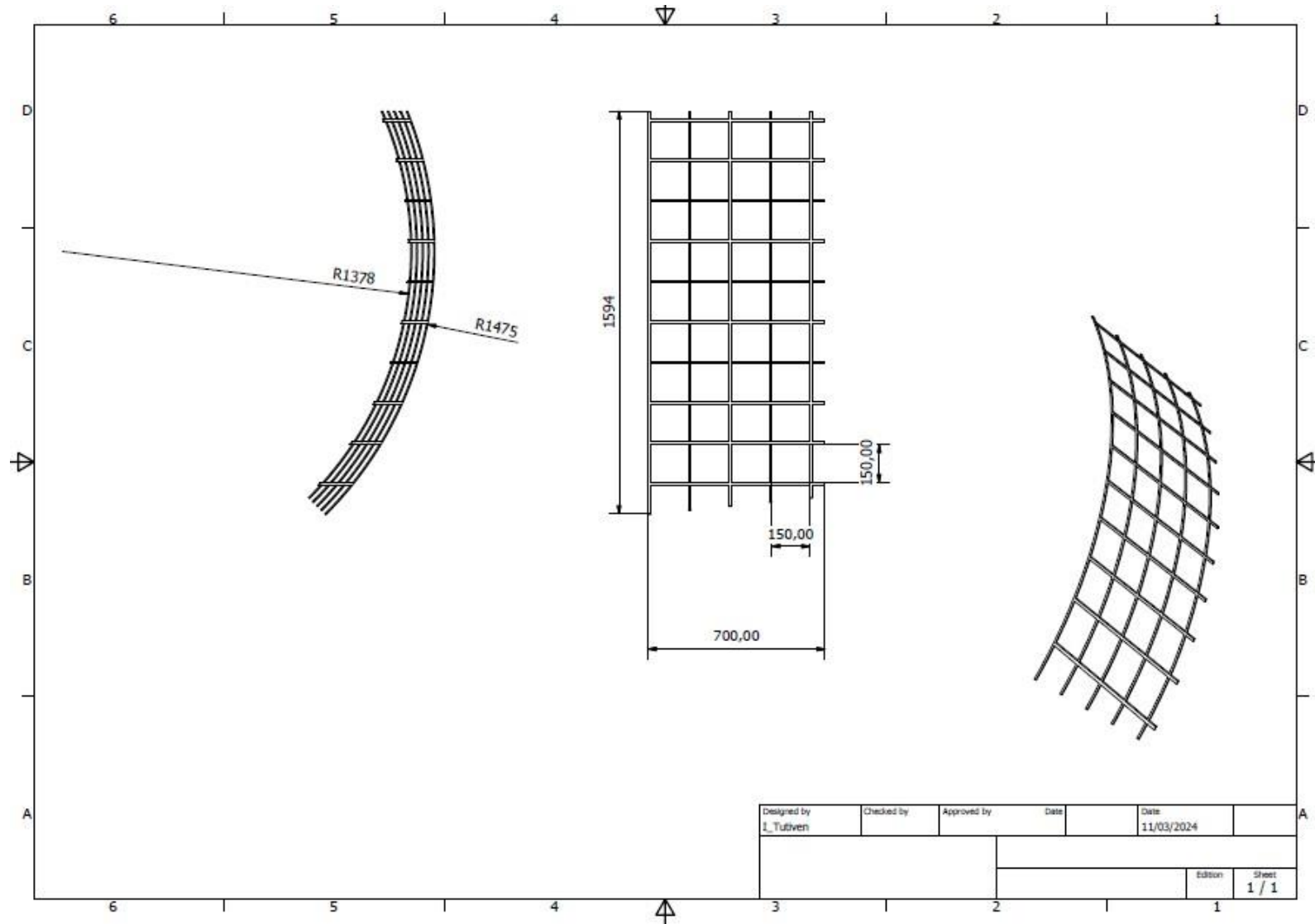
- Souza, E. (23 de octubre de 2023). Cómo las nuevas tecnologías han evolucionado para adoptar la sostenibilidad en la arquitectura. *ArchDaily*, 1-8. Obtenido de <https://www.archdaily.cl/cl/1008661/como-las-nuevas-tecnologias-han-evolucionadopara-adoptar-la-sostenibilidad-en-la-arquitectura>
- Suárez Barraza , M. F. (2009). *encontrando al Kaizen Un análisis teórico de la Mejora Continua*. (U. d. León, Ed.) Obtenido de <https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/1378/3117757%5B1%5D.pdf?sequence=7>
- Universidad nacional del Callao . (2022). *Maquinas Roladoras*. Obtenido de <https://es.scribd.com/presentation/582123028/MAQUINAS-ROLADORAS>
- UPC. (2021). *Proceso de fabricación del Acero*. Catalunya, España: Universidad de Catalunya. Recuperado el febrero de 2024, de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3319/55868-7.pdf?sequence=7&isAllowed=y>
- Zhang, D. (2020). Diseño y análisis de un molde para la colada de acero en horno eléctrico.

ANEXOS

Anexo 1: Plano del Molde



Anexo 2: Plano de la Electromalla



Anexo 3: Plano de la estructura del molde

