



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL**

**Carrera
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Tesis de grado previa a la obtención del título de
Ingeniero Industrial**

Tema de Tesis:

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE FUNDICIÓN DEL
ACERO MEDIANTE INYECCIÓN DE OXÍGENO AL HORNO
DE FUNDICIÓN, EVALUANDO EL IMPACTO AL AMBIENTE,
APLICADO EN UNA EMPRESA SIDERÚRGICA DE
GUAYAQUIL**

Autores:

Luis Eduardo Soledispa Villamar

Pedro Crhistian Correa Flores

Director de Tesis:

Ing. Armando López Vargas

Abril de 2015

Guayaquil - Ecuador

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Los conceptos desarrollados, análisis realizados y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad de los autores, y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, Abril de 2015

Luis Eduardo Soledispa Villamar

CI: 0921096533

Pedro Christian Correa Flores

CI: 0921654521

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis padres, por todo el sacrificio que día a día han realizado por brindarme siempre lo mejor.

A mis hermanos y demás familiares, que siempre creyeron en mí, y me impulsaban a continuar.

Y de manera muy especial, a Giovanni Brambilla por su ayuda incondicional.

Luis Eduardo Soledispa Villamar

DEDICATORIA

Dedico principalmente a Dios por ser el motor de mi vida, a mis padres Pedro Correa y Marina Flores, por su apoyo incondicional durante toda mi carrera universitaria a mis hermanos Mario, Fernando y Marcela, por la insistencia de seguir adelante y no rendirme y demás compañeros de clase que siempre me ayudaron para que todo esto sea posible.

Pedro Christian Correa Flores

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios el poder culminar este trabajo, por bendecirme día a día y darme la fuerza y sabiduría necesaria.

A mis padres, por el apoyo que me han brindado incondicionalmente, y por ser los motores que siempre me impulsaron a salir adelante.

A mi novia, porque siempre tuvo las palabras necesarias para tranquilizarme en los momentos de desesperación y frustración.

A cada uno de los docentes que compartió sus conocimientos conmigo a lo largo de mi trayectoria estudiantil, especialmente a mi tutor de tesis Ing. Armando López Vargas, por haberme guiado en el desarrollo de este trabajo, sin su ayuda y paciencia no hubiera sido posible.

A mis compañeros de clases, que de una u otra manera han sido un apoyo para mi crecimiento personal y profesional.

Gracias a todos.

Luis Eduardo Soledispa Villamar

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios por brindarme salud y sabiduría para poder culminar mi carrera universitaria. A mis padres que confiaron en mí y me ayudaron en todo momento, a mis demás familiares por el apoyo que siempre me brindaron.

A mis amigos, compañeros de aula y docentes que durante toda mi carrera universitaria que de alguna manera ayudaron en mi desarrollo como profesional.

Al Ing. Armando López Vargas, por aceptar ser mi tutor, tener predisposición y tiempo, en guiarme y así poder conseguir este tan esperado logro, a la Universidad Politécnica Salesiana por darme la oportunidad de estudiar en ella y recibir la enseñanza Salesiana.

Gracias a todos.

Pedro Christian Correa Flores

INDICE GENERAL

	Página
CARÁTULA	I
DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	V
ÍNDICE GENERAL	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
ÍNDICE DE TABLAS	XIII
INDICE DE ANEXOS	XV
ABREVIATURAS	XVI
GLOSARIO DE TÉRMINOS	XVIII
RESUMEN	XIX
ABSTRACT	XX

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I EL PROBLEMA

1.1	Antecedentes	3
1.2	Justificación	5
1.3	Delimitación	6
1.4	Problema de Investigación	7
1.4.1	Enunciado del problema	8
1.4.2	Formulación del problema	8
1.4.3	Evaluación del problema	8
1.5	Objetivos	10
1.5.1	Objetivo General	10
1.5.2	Objetivos Específicos	10
1.6	Beneficiarios	10

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Fundamentación Legal Ambiental	12
2.1.1	Constitución de la República del Ecuador	12
2.1.2	Ley de Gestión Ambiental	14
2.1.3	Ley de Prevención y Control de la Contaminación del Aire	15
2.1.4	Norma Ecuatoriana colores de las tuberías INEN 440	17
2.2	Fundamentación Teórica	17
2.2.1	Función de la chatarra	17
2.2.2	Hornos	18
2.2.3	Tipos de Hornos	19
2.2.3.1	Hornos de crisol	20
2.2.3.2	Hornos de inducción	21
2.2.3.3	Hornos de cubilote	22
2.2.3.4	Horno eléctrico	23
2.2.4	Inyección de oxígeno a un horno eléctrico	26
2.2.4.1	Almacenamiento del cilindro de oxígeno	27

CAPITULO III

MARCO METODOLOGICO

3.1	Tipos de Investigación	28
3.1.1	Investigación con enfoque cualitativo y cuantitativo	28
3.1.2	Investigación Descriptiva	28
3.1.3	Investigación Documental	28
3.1.4	Investigación de Campo	29
3.2	Tipo de método	29
3.2.1	Métodos Deductivos	29

3.2.2	Método Inductivo	29
3.3	Fuentes	29
3.4	Población y Muestra	30
3.4.1	Población	30
3.4.2	Muestras	30
3.5	Técnicas e instrumentos de investigación	32
3.5.1	Encuestas	32
3.5.2	Instrumentos para la aplicación de técnicas	32
3.6	Procesamiento de la información	32
3.7	Análisis e interpretación de los resultados de la encuesta	33
3.7.1	Análisis, tabla y gráfico de la Pregunta 1	33
3.7.2	Análisis, tabla y gráfico de la Pregunta 2	34
3.7.3	Análisis, tabla y gráfico de la Pregunta 3	36
3.7.4	Análisis, tabla y gráfico de la Pregunta 4	37
3.7.5	Análisis, tabla y gráfico de la Pregunta 5	38
3.7.6	Análisis, tabla y gráfico de la Pregunta 6	40
3.7.7	Análisis, tabla y gráfico de la Pregunta 7	41
3.8	Análisis general de la encuesta	43

CAPÍTULO IV

OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE FUNDICIÓN

4.1	Descripción del Proyecto	44
4.1.1	Determinación del tamaño del proyecto	44
4.1.2	Ingeniería del proyecto del tiempo de fundición	44
4.2	Descripción del proceso de producción en una planta siderúrgica	44
4.2.1	Preparación de chatarra	45
4.2.2	Sinterización	46
4.2.3	Altos hornos	46
4.2.4	Acerías	46

4.2.5	Laminación	46
4.2.6	Decapado	47
4.2.7	Acabado	47
4.3	Principales áreas de una planta siderúrgica	47
4.3.1	Área de almacenamiento de chatarra	47
4.3.2	Área de selección de chatarra	48
4.3.3	Área de horno	48
4.4	Descripción del horno de arco eléctrico	48
4.5	Optimización de la fundición de acero	49
4.5.1	Recursos utilizados	49
4.5.1.1	Personal	50
4.5.1.2	Materiales requeridos	50
4.5.1.3	Equipos requeridos	53
4.5.1.4	Equipos requeridos de seguridad	55
4.6	Diseño y montaje de líneas de oxígeno	55
4.6.1	Diseño isométrico	55
4.6.2	Fórmula de calibración para medidores de flujo	61
4.6.3	Cálculo de diámetro de la tubería	62
4.6.4	Montaje de líneas de oxígeno	67
4.7	Resultados	70
4.7.1	Fundición proyectada	70
4.8	Variables optimizadas	72

CAPÍTULO V

EVALUACION AMBIENTAL

5.1	Introducción	74
5.2	Identificación de Impactos Ambientales	74
5.3	Metodología aplicada: Matriz de Leopold	75
5.3.1	Variables a valorar	75
5.3.2	Valoración de impactos	80
5.4	Evaluación de impacto	81

5.5	Medidas de Mitigación	85
	CONCLUSIONES	86
	RECOMENDACIONES	88
	BIBLIOGRAFÍA	90

INDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1	Ubicación de la empresa Siderúrgica	6
Figura 2	Horno de crisol basculante	19
Figura 3	Horno de inducción	20
Figura 4	Horno de cubilote	21
Figura 5	Horno eléctrico	24
Figura 6	Porcentaje tabulado de la pregunta #1	33
Figura 7	Porcentaje tabulado de la pregunta #2	34
Figura 8	Porcentaje tabulado de la pregunta #3	35
Figura 9	Porcentaje tabulado de la pregunta #4.	37
Figura 10	Porcentaje tabulado de la pregunta #5	38
Figura 11	Porcentaje tabulado de la pregunta #6	39
Figura 12	Porcentaje tabulado de la pregunta #7	41
Figura 13	Diagrama de flujo del proceso de producción en una industria siderúrgica	44
Figura 14	Tuberías de acero diámetro 2", 40s	51
Figura 15	Tuberías de acero diámetro ½", 40s	52
Figura 16	Proyección isométrica en la instalación de líneas de oxígeno	56
Figura 17	Tanque criogénico	57
Figura 18	Estructura interna del tanque estacionario	58
Figura 19	Cálculo de tubería	63
Figura 20	Elaboración de diseño preparado por autores	66
Figura 21	Montaje de línea de oxígeno planta baja lado C y D	67
Figura 22	Montaje de línea de oxígeno primer nivel lado C y D	67
Figura 23	Montaje de línea de oxígeno segundo nivel lado C y D	68
Figura 24	Montaje de línea en la columna 4 a la 10, lado D	68
Figura 25	Montaje de línea de oxígeno en la columna 2 a la 6. Lado C	69
Figura 26	Oferta anual de fundición proyectada hasta el 2015	70

INDICE DE TABLAS

		Página
Tabla 1	Respuesta tabulada de la pregunta #1	33
Tabla 2	Respuesta tabulada de la pregunta #2	35
Tabla 3	Respuesta tabulada de la pregunta #3	36
Tabla 4	Respuesta tabulada de la pregunta #4	37
Tabla 5	Respuesta tabulada de la pregunta #5	39
Tabla 6	Respuesta tabulada de la pregunta #6	40
Tabla 7	Respuesta tabulada de la pregunta #7	42
Tabla 8	Personal requerido para instalación de línea de inyección de oxígeno.	50
Tabla 9	Material requerido para instalación de línea de inyección de oxígeno.	51
Tabla 10	Equipos requeridos para instalación de línea de inyección de oxígeno	54
Tabla 11	Equipos de seguridad requeridos para instalación de línea de inyección de oxígeno	55
Tabla 12	Energía requerida para algunos fluidos	60
Tabla 13	Conversión de fluidos	60
Tabla 14	Diámetros internos de tuberías	63
Tabla 15	Demanda de oxígeno	65
Tabla 16	Detalle de líneas usadas en el diseño isométrico	66
Tabla 17	Fundición proyectada hasta el 2015	71
Tabla 18	Variables antes y después de la optimización	72
Tabla 19	Valoración variable intensidad.	76
Tabla 20	Valoración variable extensión	77
Tabla 21	Valoración variable momento	77
Tabla 22	Valoración variable persistencia	77
Tabla 23	Valoración variable reversibilidad.	78
Tabla 24	Valoración variable sinergia.	78
Tabla 25	Valoración variable acumulación	79
Tabla 26	Valoración Variable efecto.	79

Tabla 27	Valoración variable periodicidad.	79
Tabla 28	Valoración variable recuperabilidad.	80
Tabla 29	Niveles de impacto.	81
Tabla 30	Matriz de valoración de impacto negativo: Calidad de aire	82
Tabla 31	Matriz de valoración de impacto positivo: Mayor producción, reducción de recursos y costos.	83
Tabla 32	Resumen de valoración de variables.	84
Tabla 33	Medidas de mitigación recomendadas	85

INDICE DE ANEXOS

		Página
Anexo 1	Normativa aplicable a tesis	93
Anexo 2	Encuesta aplicada al personal que trabaja en el área de fundición de acero	101

ABREVIATURAS

ASTM	American Section of the International Association for Testing Materials
BTU	Unidad Térmica Británica
C	Carbono
CO	Carbono Monóxido
°C	Grados Celsius
EAF	Electric Arc Furnace
e	Error de estimación
gal	Galón
GPM	Galones por minuto
Hz	Hercio o hertz
KVA	Kilovoltios amperios
kW	Kilovatios
kWh	Kilovatios-hora
m ³	Metros cúbicos
mm	Milímetro
min	Minuto
l	Litros
lb	Libra
FeO	Óxido ferroso
ft ³	Pie cúbico
“ o pulg	pulgadas
p	Probabilidad de acuerdo al suceso investigado en estadística, para determinar tamaño de muestra
q	Probabilidad de acuerdo al suceso investigado en caso de que no ocurra en estadística, para determinar tamaño de muestra.
n	Tamaño de la muestra
N	Tamaño de la población
Ton	Tonelada

TULSMA Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio
del Ambiente
Z Nivel de confianza

GLOSARIO DE TÉRMINOS

ASTM: La Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales (por sus siglas en inglés), es un grupo de miembros voluntarios que prueba y fija las normas de materiales y procedimientos. Es conocido en la actualidad como ASTM International.

Arrabio.- Producto obtenido de la primera fusión del hierro en los altos hornos que contiene más carbono que el acero o que el hierro forjado y se rompe con mayor facilidad.

Escorias.- son un subproducto de la fundición de la mena para purificar los metales.

Muestra.- un subconjunto de casos o individuos de una población estadística.

Población.- llamado también universo, es el conjunto de elementos de referencia sobre el que se realizan las observaciones.

Sinterizado.- tratamiento térmico de un polvo o compactado metálico o cerámico a una temperatura inferior a la de fusión de la mezcla, para incrementar la fuerza y la resistencia de la pieza creando enlaces fuertes entre las partículas.

Optimización del proceso de fundición del acero mediante inyección de oxígeno al horno de fundición, evaluando el impacto al ambiente, aplicado en una empresa siderúrgica de Guayaquil

RESUMEN

El objetivo principal de esta tesis es optimizar el proceso de fundición del acero en una empresa siderúrgica, mediante la instalación de una línea de oxígeno al horno, a fin de reducir el tiempo y minimizar el uso de recursos para la preservación y cuidado del medio ambiente, para lo cual se determinaron las características del proceso de fundición y los materiales requeridos para la implementación de la línea de oxígeno. Realizando el diseño isométrico de la nueva línea a instalar, y una vez puesta en funcionamiento se tuvo como resultado la optimización de tiempo de fundición de 90 a 40 minutos. Además, de evidenciar el incremento de producción de fundición del acero de 10 a 37,5 ton/hora, lo que beneficia tanto en costos como en recursos a la empresa siderúrgica.

En la evaluación ambiental se identificaron dos impactos, uno negativo en el componente físico en cuanto a la calidad de aire (gases de soldaduras y ruido) siendo de carácter puntual y temporal, por tanto mitigables; y, el otro positivo en el aspecto socioeconómico en cuanto a mayor producción, reducción de recursos y costos.

Palabras Clave: Fundición, Horno de arco eléctrico, Oxígeno.

Optimization of the casting process of steel by injecting oxygen into the melting furnace, assessing the impact on the environment, applied to a steel company in Guayaquil

ABSTRACT

The main objective of this thesis is to optimize the casting process of steel in a steel company, by installing a line of oxygen to the furnace, to reduce casting time, and minimize the use of resources for the preservation and care environment, for which the characteristics of the smelting process and materials required for the implementation of oxygen line were determined. Isometric design of the new line to install was performed, and once put into operation resulted optimization casting time 90-40 minutes. Also, the increased production of steel foundry from 10 to 37.5 ton / hour, which benefits both cost and resource to the steel company was evident.

The environmental assessment identified two hits, one negative physical component in the quality of air (gas welding and noise) being temporarily spot and therefore identified mitigated; and the other positive socio-economic aspect in terms of increased production, resource and cost reduction.

Keywords: Cast, electric arc furnace, oxygen.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, el avance tecnológico permite oportunidades de mejora en el ámbito industrial, es así que esta tesis propone la implementación de oxígeno al horno de fundición eléctrico, para optimizar la fundición del acero en un tiempo menor al actual. El problema se define en el excesivo tiempo que se usa en los hornos de fundición de acero por no usar el oxígeno, los convierte en equipos ineficientes debido a su baja producción y no amigables con el medio ambiente por el enorme consumo de recursos.

El objetivo principal de esta tesis, consiste en la optimización del proceso de fundición del acero, mediante la instalación de una línea de oxígeno, con el fin de lograr nuestros objetivos se han desarrollado algunos capítulos que permiten establecer las características del proceso de fundición de los hornos, determinar los materiales requeridos, realizar la implementación de la tubería de oxígeno en un horno de fundición, precisar el tiempo que tarda la fundición con oxígeno, diferenciar los aspectos más significativos en el proceso de fundición con y sin oxígeno.

En el capítulo I, se muestra la introducción del problema mediante los antecedentes, justificación, el enunciado, formulación y evaluación del problema, sus objetivos, y los beneficiarios de que se realice la optimización.

El capítulo II, detalla el marco teórico y el marco legal ambiental aplicable al proyecto.

El capítulo III, describe el marco metodológico, donde se determina el tipo de investigación a realizar, la población y muestra a investigar, las metodologías y técnicas utilizadas para establecer la importancia de realizar la optimización.

El capítulo IV, nos permite determinar y evaluar los resultados de la optimización, mediante la descripción del proceso de fundición, el horno de arco eléctrico, y la nueva línea de oxígeno instalada.

El capítulo V, presenta la evaluación ambiental de la nueva instalación y su impacto al ambiente, utilizando matrices de valoración por el método de Leopold.

Finalmente, se muestran las conclusiones y recomendaciones de este trabajo de investigación, bibliografía y anexos.

CAPÍTULO I

ELPROBLEMA

1.1 Antecedentes.

A nivel nacional la demanda de hierro fundido ha ido en aumento, debido al empuje industrial que se ha evidenciado en los últimos años. Con el desarrollo tecnológico, la producción de hierro y acero a gran escala, se convirtieron en una necesidad apremiante, así nacieron las grandes industrias siderúrgicas, el desarrollo industrial se extendía muy rápidamente llegando a América. Las necesidades inherentes al desarrollo de nuestro país exigían una respuesta apropiada a la demanda de la industria de la construcción, de esta forma surgió la primera industria de acerías en el Ecuador, brindando al país el ingrediente que ha posibilitado un importante impulso al desarrollo de la Industria Siderúrgica Nacional.

El desarrollo de esta tesis se realizó en una industria siderúrgica de Guayaquil, y que en sus inicios solo alcanzaba a cubrir el 20% de la producción de la demanda total a nivel del país. La implementación de tecnología de punta incrementó la producción, además de la incorporación de nuevos procedimientos en Gestión de Calidad y actualmente han completado sus procesos de certificación del Sistema Integrado de Gestión, incorporando a su sistema de calidad, las normas ISO 14001 y OHSAS 18001.

En el 2004, se fortalece la división encargada del acopio procesamiento y reciclaje de chatarra ferrosa, para la fabricación de palanquilla de acero, material semi-elaborado que sirve de base para la laminación de productos largos, actividad que había venido desarrollando desde hace 34 años, habiendo llegado a procesar hasta la presente más de 2 millones de toneladas de chatarra, contribuyendo de manera significativa con el medio ambiente, destacando el compromiso de las empresas Siderúrgica como Empresas Socialmente Responsables.

Este proceso de captación, acopio y procesamiento de chatarra, que luego es utilizada como materia prima para la producción de acero, permitió ir reduciendo la extracción de recursos naturales directos para contribuir en forma global, al desarrollo sustentable, en el ahorro energético, disminución de emisiones a la atmósfera y la contaminación del suelo y agua, así como también, la conservación de flora y fauna.

La tecnología utilizada para fundiciones de chatarra, presentaba oportunidades de mejora, lo cual se analizó y se pudo constatar que una de las más importantes era el tiempo de fundición de la chatarra; empezando así la investigación de la tecnología, para poder ejecutar un nuevo horno de fundición, el cual realizaría el mismo trabajo pero en menor tiempo que el actual; lo cual se lograría con el empleo del oxígeno, lo que provoca que el calor de fundición se expanda, logrando la optimización del tiempo en un 57%.

Esta propuesta tiene como propósito la implementación de oxígeno al horno de fundición eléctrico, para optimizar la fundición del acero en un tiempo menor al actual, manteniendo las condiciones ambientales de la comunidad en la que se desarrollará.

1.2 Justificación

Utilizando tecnología DANIELI, que es una empresa italiana que construye maquinarias siderúrgicas entre ellas hornos de arco eléctrico, la empresa siderúrgica donde se realizó el proyecto de tesis tiene un horno de fundición de electrodos sin oxígeno, proceso que emplea mayor tiempo para la fundición de la chatarra, lo cual genera un alto de consumo de recursos. Al momento no existe un informe técnico con resultados reales en el proceso de fundición del acero en la empresa, que nos permita diferenciar el uso y no uso de oxígeno durante la fundición de la chatarra.

Los hornos de fundición de electrodos o arco eléctricos sin oxígeno, es actualmente la forma más común de reciclar acero utilizando la chatarra como principal materia prima, el proceso se basa mediante la fundición de la chatarra junto con otros compuestos químicos, mediante una fuente eléctrica como principal entrada de energía que pasa a través de unos electrodos de grafito, los cuales son usados para transformar la energía eléctrica en energía calorífica por medio de arcos eléctricos de altas corrientes los cuales son producidos al contacto de los electrodos con la carga metálica.

Entre las alternativas para incrementar y reducir el tiempo de fundición y de consumo energético, se encuentra la inyección de oxígeno al arco eléctrico de fundición. Lo cual consiste en aumentar la combustión hasta llegar a niveles más altos que el antiguo proceso de fundición. Este proyecto permitirá determinar la eficiencia del uso del oxígeno en la fundición de los metales, mediante la obtención de resultados reales del proceso, lo que permitirá contrastar los beneficios del uso del oxígeno durante la fundición, para establecer si es viable la optimización, mediante la reducción del tiempo de fundición lo que maximizará la productividad dando así mayor rentabilidad a la empresa.

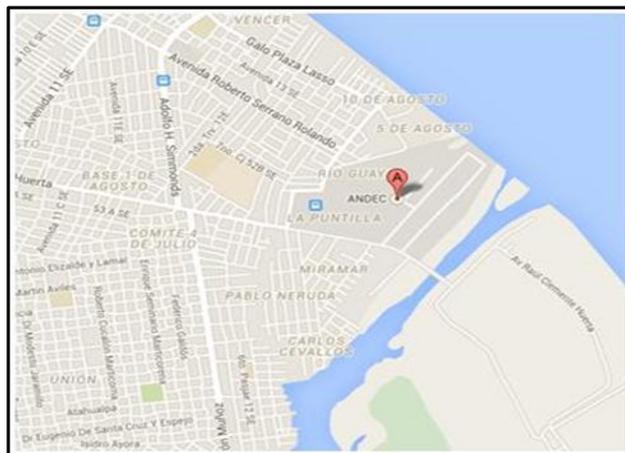
1.3 Delimitación

En el presente proyecto se establece la siguiente delimitación:

- **Campo:** Implementación de una línea de oxígeno al horno de fundición de acero.
- **Área:** Técnica.
- **Aspectos:** Diagramación isométrica de las líneas, instalación de línea de oxígeno, evaluación de aspectos ambientales.
- **Tema:** Optimización del proceso de fundición del acero mediante inyección de oxígeno al horno de fundición, evaluando el impacto al ambiente, aplicado en una empresa siderúrgica de Guayaquil.
- **Delimitación geográfica:** Guasmo Sur, en la parroquia urbana Ximena, del cantón Guayaquil, provincia del Guayas.
- **Delimitación espacial:** Industria siderúrgica.
- **Delimitación temporal:** Octubre del 2014 a Enero del 2015.

La ubicación geográfica se aprecia en la Figura 1.

Figura 1 Ubicación de la empresa Siderúrgica



Fuente: Google map.

Elaborado por: Los autores.

1.4 Problema de investigación

En los actuales momentos en los que se hace necesario mejorar la productividad para que las empresas puedan sobrevivir, es sorprendente que aún no se haga uso de procesos de fundición más efectivos que existen en el mercado, lo que genera un excesivo consumo de recursos y de amplios espacios en las bodegas para almacenar los materiales ferrosos que se deben de fundir, lo que causa que en muchas ocasiones este material deba ser exportado impidiendo su aprovechamiento.

El problema se define en el excesivo tiempo que se usa en los hornos de fundición de acero por no usar el oxígeno, los convierte en equipos ineficientes debido a su baja producción y en no amigables con el ambiente por el enorme consumo de recursos.

1.4.1 Enunciado del problema.

El proceso de fundición de acero, se realizaba en un horno de arco eléctrico sin oxígeno, por lo que se identifican problemas de mayor tiempo de fundición, mayor recursos para el proceso y por ende altos costos para la producción de acero.

1.4.2 Formulación del problema.

¿Es posible disminuir el tiempo de fundición del acero mediante la inyección de oxígeno en el horno?

1.4.3 Evaluación del problema.

Delimitado: Se delimita el problema específicamente en el área del horno de fundición de acero, localizado en una industria siderúrgica ubicado en el Guasmo Sur, en la parroquia urbana Ximena, del cantón Guayaquil, provincia del Guayas.

Claro: El proyecto contempla la implementación de una línea de oxígeno al horno de fundición de acero de la industria siderúrgica, debido que el proceso que se está realizando sin oxígeno tarda mucho y por tanto se evidencia un alto consumo de recursos y de costos.

Evidente: El no contar con una línea de oxígeno en el horno de arco eléctrico para el proceso de fundición de acero evidencia tiempos más prolongados de fundición y mayores recursos, por lo que la optimización en el proceso se convierte en una necesidad.

Relevante: El proyecto es relevante porque se implementará una línea de oxígeno que optimizará el tiempo de fundición de acero y por tanto minimizará los recursos y costos, para lo cual se utilizará una propuesta de desarrollo tecnológico y científica en el área de la Ingeniería Industrial, que será beneficioso para la empresa siderúrgica y aplicable en todas las empresas de este tipo del país.

Original: La implementación de esta línea será novedosa, debido a que anteriormente no se había considerado un proyecto de esta naturaleza, además de aplicar una mejora continua que beneficio de la empresa siderúrgica.

Contextual: El proyecto se circunscribe dentro del campo ingenieril, con una investigación aplicada dando una solución basada en tecnologías actuales, que permiten optimizar los recursos de la empresa y en beneficio del sector industrial.

Factible: El proyecto se establece como factible, ya que los recursos para realizarlo serán solventados por la empresa siderúrgica, además de las pruebas en funcionamiento para verificar la eficiencia de la optimización.

Variables: Se establece como una variable importante del proyecto el desarrollo tecnológico mediante la instalación de una línea de oxígeno al horno de fundición de acero, que permitirá la optimización de tiempo de fundición y por tanto la minimización de recursos y de costos.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Optimizar el proceso de fundición del acero en una empresa siderúrgica, instalando una línea de oxígeno al horno, a fin de reducir el tiempo de fundición, y minimizar el uso de recursos para la preservación y cuidado del medio ambiente.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Establecer las características del proceso de fundición de los hornos.
- Determinar los materiales requeridos para la implementación de la línea de oxígeno.

- Realizar la implementación de la tubería de oxígeno en un horno de fundición.
- Precisar el tiempo que tarda la fundición con oxígeno.
- Diferenciar los aspectos más significativos en el proceso de fundición con y sin oxígeno.
- Evaluar el Impacto Ambiental que genera la instalación de la línea de oxígeno.

1.6 Beneficiarios

Como principal beneficiario del proyecto están las empresas de la industria siderúrgica del Ecuador, debido a que con la implementación de oxígeno se puede realizar el proceso de fundición en un menor tiempo, generando una mayor productividad y rentabilidad a la empresa, manteniendo las mismas características de calidad del producto.

Puntualmente la empresa siderúrgica localizada en el Guasmo Sur, Guayaquil, se beneficiará al optimizar su proceso, además de los operadores del área del horno de fundición que utilizarán menos recursos para esta actividad.

Indirectamente, otro sector beneficiado será el área administrativa y público en general, que obtendrán un producto optimizado y en menor tiempo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Fundamentación Legal-Ambiental

El marco legal-ambiental se basa en la legislación vigente en el ámbito nacional y local. A continuación, se mencionan y transcriben textualmente los principales artículos de ley normativas vigentes:

2.1.1 Constitución de la República del Ecuador¹

Capítulo V, De los Derechos Colectivos, Sección II Referente al Medio Ambiente, publicada en el R.O. N°1, 11 de agosto de 1998. Contempla las disposiciones del Estado sobre el tema ambiental:

Ambiente Sano.

Art. 14.-Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay.

¹ASAMBLEA NACIONAL. Constitución de la República del Ecuador, Corporación de Estudios y Publicaciones .Montecristi, 2008.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientales limpias y de energías alternativas no contaminantes de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho del agua.

Se prohíbe el desarrollo, producción, tendencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológica y nucleares, de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas, así como la introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio nacional

Cultura y ciencia

Art. 23, Numeral 6, expresa que el Estado reconocerá y garantizará a su población “El derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación. La ley establecerá restricciones al ejercicio de determinados derechos y libertades, para proteger el medio ambiente”.

Derechos de Libertad.

Art. 66. Numeral. 27.-El Estado reconoce y garantiza a los ciudadanos el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza.

Régimen de Desarrollo.

Art. 276. Numeral 4.- El Estado señala como uno de los objetivos del régimen de desarrollo, el recuperara y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural.

2.1.2 Ley de Gestión Ambiental²

Ley de Gestión Ambiental. Asamblea Nacional, Registro Oficial No.245 de 30 de Julio de 1999, sobre el Ámbito y Principios de la Ley:

Ámbito y Principios de la Ley.

Art. 1.- La presente ley establece los principios y directrices de política ambiental; determina las obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, controles y sanciones en esta materia.

²ASAMBLEA NACIONAL - LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL – LEY NO. 37. RO/ 245 de 30 de Julio de 1999.

Art. 2.- La gestión ambiental se sujeta a los principios de solidaridad, corresponsabilidad, cooperación, coordinación, reciclaje y reutilización de desechos, utilización de tecnologías alternativas ambientalmente sustentables y respecto a las culturas y prácticas tradicionales.

Art. 3.- El procesos de Gestión Ambiental se orientará según los principios universales del Desarrollo Sustentable, contenidos en la Declaración de Río de Janeiro de 1992, sobre Medio Ambiente y Desarrollo.

De la Protección de los Derechos Ambientales.

Art. 41.- Con el fin de proteger los derechos ambientales individuales o colectivos, concédase acción pública a las personas naturales, jurídicas o grupo humano para denunciar la violación de las normas de medio ambiente, sin perjuicios de la acción de amparo constitucional previsto en la Constitución política de la República.

Art. 42.- Toda persona natural, jurídica o grupo humano podrá ser oída en los procesos penales, civiles o administrativos, previa fianza de calumnia, que se inicien por infracciones de carácter ambiental, aunque no hayan sido vulnerados sus propios derechos.

2.1.3 Ley de Prevención y Control de Contaminación Ambiental³

Asamblea Nacional- Ley de Prevención y Control de Contaminación Ambiental No 37. Disposición General Segunda, Registro Oficial No.245 de 30 de Julio de 1999

³ASAMBLEA NACIONAL - LEY DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL – LEY NO: 37. - Disposición General Segunda, RO/ 245 de 30 de Julio de 1999.

De la Prevención y Control de la Contaminación del Aire

Art. 11.-Queda prohibido exceder hacia la atmosfera o descargar en ella, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, contaminantes que, a juicio del Ministerio de Salud, puedan perjudicar la salud y la vida humana, la flora, la fauna y los recursos o bienes del estado o de particulares o construir una molestia.

Art. 12.-Para los efectos de esta Ley, serán considerados como fuentes potenciales de contaminación del aire:

Las artificiales, originadas por el desarrollo tecnológico y la acción del hombre, tales como fábricas, calderas, generadores de vapor, talleres, plantas, termoeléctricas, refinerías de petróleo, plantas químicas, aeronaves, automotores, y similares, la incineración, quema a cielo abierto de basuras y residuos, la explotación de materiales de construcción y otras actividades que produzcan o puedan producir contaminación.

Las naturales, ocasionadas por fenómenos naturales, tales como erupciones, precipitaciones, sismos, sequías, deslizamiento de tierras y otros.

Art. 13.-Se sujetarán al estudio y control de los organismos determinados en esta ley y sus reglamentos las emanaciones provenientes de fuentes artificiales, móviles o fijas, que produzcan contaminación atmosférica.

Las actividades tendientes al control de la contaminación provocada por fenómenos naturales son atribuciones directas de todas aquellas instituciones que tienen competencia en este campo.

Art. 14.- Será responsabilidad del Ministerio de Salud, en coordinación con

otras Instituciones estructurar y ejecutar programas que involucren aspectos relacionados con las causas, efectos, alcances y métodos de prevención y control de la contaminación atmosférica.

Art. 15.-Las Instituciones públicas o privadas interesadas en la instalación de proyectos industriales, o de otras que pudieran ocasionar alteraciones en los sistemas ecológicos y que produzcan o puedan producir contaminación del aire, deberán presentar al Ministerio de Salud, para su aprobación previa, estudios sobre el impacto ambiental y las medidas de control que se proyecten aplicar.

2.1.4 Norma ecuatoriana colores de las tuberías INEN 440.

Norma INEN 440-Primera Revisión 1984 – 04, sobre colores de identificación de tuberías, define los colores, significado y aplicación, que deben usarse para identificar tuberías que transportan fluido. En el Anexo 1, de esta tesis se encuentra esta Norma.

2.2 Fundamentación Teórica

En este ítem, se encuentran algunos conceptos básicos y base teórica que aplica a este proyecto.

2.2.1 Fundición de la chatarra

La fundición de metales consiste en hacer pasar de estado sólido a estado líquido, alcanzando una temperatura o punto de fusión necesario según el metal para generar calor, a fin de poder transformar el metal o aleación de sólido a líquido

En el proceso de fundición de la chatarra la energía es aplicada a través de los electrodos convirtiendo la energía eléctrica en energía calorífica, como resultado se obtiene que la carga metálica se transforme en estado líquido.

Este proceso se divide principalmente en 4 partes:

1. Período de encendido del arco.-cuando se aplica la energía al horno, la corriente se mantiene en un nivel bajo, lo que se debe a que los arcos no son estables.

2. Período Boring.-luego de encender el arco, los electrodos penetran la chatarra, esto les da estabilidad y se puede incrementar la potencia de la energía.

3. Período de formación de acero fundido.-en esta etapa, los electrodos han penetrado completamente la chatarra, y se empieza a formar el acero fundido en la olla del horno.

4. Período de fundición principal.- a este nivel, el arco ha alcanzado su condición más estable, se aplica la máxima potencia, para convertir totalmente la chatarra en estado líquido; la energía que va desde las puntas de los electrodos al acero fundido, es más eficiente.

2.2.2 Hornos

Son equipos que se utilizan para fundir metales y sus aleaciones, y varían de acuerdo a su capacidad y diseño. Así tenemos lo pequeños hornos de crisol que contienen unos pocos kilogramos de metal, hasta los altos hornos con capacidad para centenares de toneladas de metal, en estos se produce el

arrabio (producto obtenido de la primera fusión del hierro en los altos hornos que contiene más carbono que el acero).

El horno de fundición, que sirve para crear metales a partir de su forma mineral como el aluminio y el acero

Para la selección de un horno se debe considerar algunos factores, como:

- Factor económico, desde el costo inicial, de operación y mantenimiento, y de combustible.
- La composición y el punto de fusión de la aleación a fundir.
- El control de la atmósfera del horno para evitar la contaminación del metal,
- La capacidad y la rapidez de fusión requerida
- Minimizar la contaminación del aire y de ruido
- Suministro de energía y disponibilidad.
- Facilidad de sobrecalentamiento del metal
- Tipo de material de carga.

2.2.3 Tipos de hornos

Entre los tipos de hornos que comúnmente se usan para el proceso de fundición tenemos (Genoud, 2011):

- Horno de crisol
- Horno de inducción
- Horno de cubilote.
- Horno de arco eléctrico

2.2.3.1 Horno de crisol

Es un recipiente o crisol, de material refractario (arcilla y grafito) o de acero aleado a alta temperatura para contener la carga a fundir. Tiene como fuente de energía el calor de una llama. Por lo general, es utilizado para fundir aleaciones no ferrosas como latón, bronce, zinc, aluminio, etc.

Existen tres tipos de hornos de crisol: móvil, estacionario y basculante.

El **crisol móvil**, se coloca dentro del horno y una vez fundida lo que contiene el crisol se levanta y saca mediante una cuchara.

El **crisol estacionario**, posee un quemador integrado y el crisol no se mueve, una vez fundida la carga se saca con cuchara fuera del recipiente.

El **crisol basculante**, posee quemador integrado y el dispositivo se inclina o bascula para vaciar la carga. En la Figura 2, se aprecia el horno de crisol basculante.

Figura 2 Horno de crisol basculante



Fuente: <http://eet466savio.webcindario.com/catedras/conmateriales/bloque3.pdf>

Elaborado por: J. Genoud.

2.2.3.2 Horno de inducción

Es un horno que usa corriente alterna a través de una bobina que genera un campo magnético en el metal, el resultado de la corriente inducida causa un rápido calentamiento y se funde el metal. El campo de fuerza electromagnética provoca una acción de mezclado en el metal líquido, y el metal no está en contacto con ningún elemento de calefacción, por lo que se puede controlar el ambiente donde se realiza la fusión. Como característica especial, es que se tiene una fundición de alta calidad y pureza. Se usan para cualquier tipo de aleación cuyos requerimientos de calidad sean importantes. El horno de inducción se aprecia en la Figura 3.

Figura 3 Horno de inducción



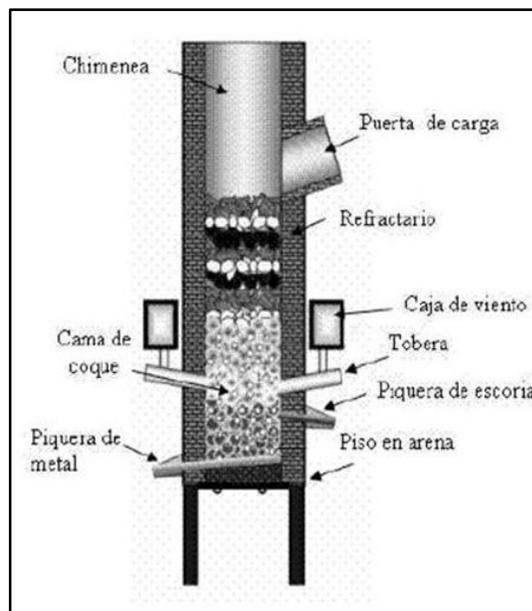
Fuente: <http://eet466savio.webcindario.com/catedras/conmateriales/bloque3.pdf>

Elaborado por: J, Genoud.

2.2.3.3 Horno de cubilote

Es un horno cilíndrico vertical de acero recubierto de refractario, se utiliza generalmente para la fundición de hierro colado. La carga que utiliza está formada por hierro, coque, fundente y otros elementos que se cargan a través de una puerta ubicada en la parte superior. Su combustible es el coque mediante aire que permite la combustión del mismo. El fundente es la cal, que reacciona con la ceniza del coque y otras impurezas para formar la escoria que sirve para cubrir la fundición, que no permite reaccionar con la atmósfera interior del cubilote y reduce la pérdida de calor. Operan de manera continua y tienen elevadas velocidades de fusión. Véase en la Figura 4.

Figura 4 Horno de cubilote



Fuente: <http://eet466savio.webcindario.com/catedras/conmateriales/bloque3.pdf>

Elaborado por: J. Genoud.

2.2.3.4 Horno eléctrico

Estos hornos producen temperaturas muy elevadas y son los más indicados para la desulfuración y desfosforación de la fundición y para la obtención de aceros especiales, porque en ellos el metal que se elabora se encuentra libre de todo cuerpo extraño (aire, gas, carbón, etc.). Se utilizan también para el afinamiento de la fundición cargándolos de trozos de hierro, virutas, etc. y haciendo luego la adicción de los elementos necesarios. La potencia de los hornos eléctricos se expresa por el Kw de corriente absorbida, que en los hornos de gran capacidad sobrepasan el millar. Los hornos eléctricos pueden ser: de resistencia, de arco y de inducción.

Al principio, el acero obtenido por horno eléctrico era un producto especial para la fabricación de máquinas herramienta y de acero resorte. Los hornos de arco eléctrico fueron utilizados en la Segunda Guerra Mundial para la producción de aleaciones de acero, fue después cuando la fabricación de acero por este método comenzó a expandirse. El bajo costo en relación a su capacidad de producción permitió establecerse nuevas acerías en Europa en la posguerra. El hecho de que un horno de arco eléctrico use acero procedente de chatarra como materia prima tiene un impacto en la calidad de un producto laminado, debido al control de calidad limitado sobre las impurezas que contienen un acero procedente de chatarra.

El Horno de arco eléctrico es uno de los más versátiles para fabricar acero. Proporciona temperaturas hasta 1930°C, y se puede controlar eléctricamente con un alto grado de precisión. Debido a que no se utiliza combustible, en el proceso no se introduce ningún tipo de impureza por lo que el producto es un acero más limpio. Puede producir desde aceros con regular contenido de carbono hasta aceros de alta aleación, como aceros inoxidables o con

características especiales. (Chiquito, 2006). En la figura 5, se aprecia un horno eléctrico.

En el horno eléctrico, posee tres electrodos que se proyectan a través de la cubierta revestida con el material refractario. Se les puede alzar y bajar y cuando están en posición elevada permiten que se alce la tapa y se le mueva a un lado para cargar el horno. El tamaño de los hornos varía entre 3 y 200 toneladas, pero los hornos más comunes son para cargas de 20 a 50 toneladas.

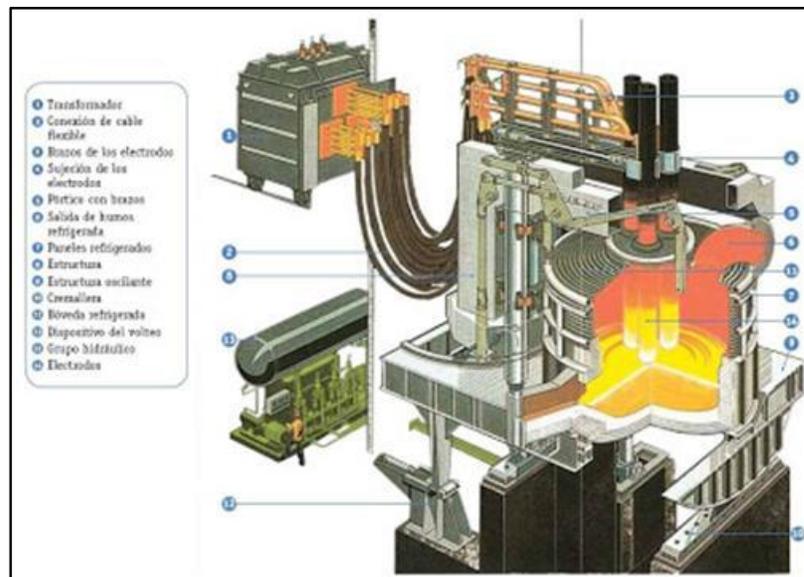
Los hornos eléctricos de inducción utilizan una corriente para fundir la carga. La energía es del tipo de inducción sin núcleo, dada por una corriente de alta frecuencia que suministra a la bobina primaria enfriada por agua que circunda al crisol. La corriente de alta frecuencia es alrededor de 1000 Hz, suministrada por un conjunto motor - generador o un sistema de frecuencia con arco por vapor de mercurio. El crisol es cargado por una pieza sólida de metal, chatarras o virutas de operaciones de mecanizados, al cual se le induce una alta corriente secundaria.

Se inyecta oxígeno en la zona de post-combustión de los hornos de arco eléctrico para intensificar la combustión del monóxido de carbono dentro del horno en vez de hacerlo en el sistema de tratamiento de gases de combustión. Esta reacción produce energía que se transfiere a la carga, reduciendo el consumo de energía (ahorros de consumo eléctrico de 10-20 kWh/tonelada) y la productividad aumenta hasta un 4%. Además los inyectores de postcombustión reducen la carga en las cámaras de filtros de EAF (Electric Arc Furnace) y mejoran el cumplimiento de la legislación sobre medio ambiente respecto al monóxido de carbón.

Desventaja del horno de arco eléctrico: La temperatura alta del arco puede llegar a refinar el metal.

Conveniencia: Aunque el costo de la fabricación de acero en el horno de arco eléctrico, es generalmente más alto que el de los demás métodos de fabricación de acero, se obtiene una calidad de acero superior con el horno eléctrico. Éste suministra el mejor método para controlar la temperatura y las adiciones de aleación. Además su costo puede justificarse para la fabricación de acero en localidades donde no se cuenta con altos hornos ni con hierros de primera fusión, o en lugares en donde las necesidades intermitentes de acero en cantidades pequeñas, no justifiquen una instalación de hogar abierto. Además es muy usado ya que no contamina la atmósfera como muchos otros. Actualmente, el horno eléctrico produce un 40 % de la producción mundial del acero.

Figura 5 Horno eléctrico



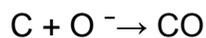
Fuente: Diseño de un sistema de extracción de humos y polvos secundarios para el proceso de producción de acero mediante Horno de arco eléctrico.

Elaborado por: L. Chiquito

2.2.4 Inyección de oxígeno a un horno eléctrico

El oxígeno, al ponerse en contacto con el acero fundido, se combina con el hierro formando óxido ferroso- FeO, que se disuelve en cantidades importantes en el baño metálico. La oxidación del acero en estado líquido se produce principalmente en los hornos de fusión. También puede oxidarse en la basculación del horno a la cuchara y en el momento de colarse el acero de la cuchara a moldes o colada continua. La cantidad de oxígeno que pueden disolver los aceros aumenta con la temperatura y disminuye al aumentar el contenido de carbono. El hierro en estado líquido a 1539°C y a la presión atmosférica, puede contener hasta 0,1600 % de oxígeno. A 1600°C puede contener hasta 0,2200 %. Al aumentar la temperatura, también aumenta la solubilidad, por lo que el hierro líquido puede contener tanto más oxígeno en disolución cuánto más alta sea la temperatura. Al solidificarse el hierro la solubilidad del oxígeno baja muy bruscamente desde 0,1600 hasta 0,0030 % y no puede, por lo tanto, mantener en disolución todo el oxígeno que disolvía en estado líquido a la misma temperatura.

A la temperatura ambiente la solubilidad se hace prácticamente nula. Resumiendo, la solubilidad del oxígeno en los baños de acero depende de: Temperatura del baño. Contenido de carbono del mismo. Presión del ambiente sobre él. El oxígeno que en el enfriamiento se separa de la aleación hierro-carbono líquido reacciona con el carbono de la misma. La reacción que se produce en la solidificación de los lingotes de acero durante los procesos de enfriamiento es la siguiente:



Ese óxido de carbono que se forma puede dar lugar a porosidades en el acero.

2.2.4.1 Almacenamiento del cilindro de oxígeno

El almacenamiento adecuado del cilindro de oxígeno tiene requisitos adicionales. Los cilindros de oxígeno deben estar almacenados lejos de las fuentes combustibles como el acetileno, el propano y otros gases combustibles. Mantén un espacio libre entre materiales combustibles de por lo menos 20 pies (6 m), o almacena los cilindros de oxígeno detrás de una barrera no combustible de 5 pies (1,5 m) de alto. En general, los tanques de oxígeno deben almacenarse al aire libre. De lo contrario, pueden estar ubicados dentro de un cobertizo o garaje adosado, con la condición de que la estructura esté bien ventilada.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de investigación

3.1.1 Investigación con enfoque cualitativo y cuantitativo.

La investigación realizada en este proyecto, nos permite identificar dos tipos de enfoques: cualitativo y cuantitativo, para lo cual se aplica la técnica de encuestas, con la finalidad de recopilar la información a fin de comprobar la hipótesis planteada y cumplir con los objetivos planteados por los autores.

3.1.2 Investigación Descriptiva.

La investigación descriptiva, nos permitirá analizar el proceso de fundición que se realiza en una industria siderúrgica, además de analizar los pasos a seguir para la implementación de la línea de oxígeno en el horno de fundición que permitirá la optimización de fundición del acero, bajando los tiempos de producción y reduciendo recursos y costos.

3.1.3 Investigación documental.

Esta investigación se basa en un marco teórico, documentados y recopilado en textos de consulta, libros de ingeniería, memorias técnicas de procesos

propios de la industria donde se instalará la línea de oxígeno. Así también esta investigación se desarrolla dentro de tecnología del siglo XX que son los link en internet.

3.1.4 Investigación de Campo.

Se aplicará este tipo de investigación, mediante la realización de encuesta al personal que trabaja en el área de hornos de fundición.

3.2 Tipo de método

3.2.1 Método Deductivo.

Si partimos de que un método deductivo es el que utiliza el investigador para alcanzar una meta u objetivo, se crea la necesidad de instalar la línea de oxígeno en el horno de fundición que permitirá la optimización de este proceso y beneficiará a la industria siderúrgica.

3.2.2 Método Inductivo.

Un método inductivo nos permite establecer una estadística de los datos recopilados en la investigación de campo. En esta tesis, la investigación de campo fue realizada utilizando técnicas como la encuesta, cuyos resultados serán tabulados e interpretados, a fin de analizar el entorno y comentarios de la población que está directamente relacionada con el proyecto.

3.3 Fuentes

La recopilación de información de campo, se derivó de encuestas realizadas en la industria siderúrgica. De igual manera la información en que se basa el

marco teórico se consultó en textos técnicos, e información propia de la empresa específicamente la descripción del proceso de fundición y del horno de arco eléctrico.

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población

La empresa siderúrgica donde se realizó la investigación de campo, cuenta con 200 trabajadores convirtiéndose en su población, distribuidos en diferentes áreas tales como:

- Administrativa, donde se encuentran las oficinas.
- Operativa, donde se realiza la producción de fundición de acero, y donde se ubica específicamente el proceso objeto de esta tesis que es la fundición de acero mediante el horno de arco eléctrico
- Acopio, donde se recibe y se gestiona la chatarra

De esta población los que se encuentran más informados sobre el proyecto de instalación de una línea de oxígeno en el horno de fundición, es justamente los que laboran en esa área.

3.4.2 Muestra

Por ser una población finita, debido a que se conoce el número de trabajadores en la empresa, se considera la bibliografía existente que nos permite determinar el tamaño de la muestra bajo la siguiente fórmula y con los siguientes criterios estadísticos (Rodríguez, 2008; Munich, 1990; Kish, 1982):

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{Ne^2 + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

Dónde:

n= tamaño de la muestra, que es lo que se desea calcular.

N= tamaño de la población, es 200.

Z= nivel de confianza, que muchos autores sugieren para aplicar a investigaciones de 1.65 para 90%, o 1,96 para 95%.

e= error de estimación, que muchos autores de libros estadísticos sugieren para este cálculo entre 0.1 (90%) a 0.05 (95%).

p= es la probabilidad de que el suceso investigado ocurra.

q= es la probabilidad de que el suceso investigado no ocurra.

Se considera que p + q es igual a 1, por lo que cuando no contamos con suficiente información se le asigna valores de p= 0.5 y q= 0.5.

A fin de poder determinar una muestra representativa considerando los trabajadores que se encuentran en el área de fundición, entre los cuales tenemos ingenieros supervisores, operadores, soldadores, aplicando la fórmula anteriormente mencionada y utilizando criterios estadísticos citados por algunos autores, se obtiene que:

$$n = \frac{(1,65)^2 \cdot (0,5) \cdot (0,5) \cdot (200)}{(200) \cdot (0,10)^2 + (1,65)^2 \cdot (0,5) \cdot (0,5)}$$

$$n = 50$$

Entonces se considera una muestra representativa de 50 personas en la que se aplicará la investigación con el método de encuesta.

3.5 Técnicas e instrumentos de investigación.

Para la Investigación en campo y recopilación de información, se utilizó la técnica de encuestas.

3.5.1 Encuestas

La muestra seleccionada de los 50 trabajadores (considerando los dos turnos de trabajo diurno y nocturno), será evaluada con el fin de obtener información acerca del proyecto, si el personal que labora en el área de fundición de acero está consciente del beneficio que este proyecto representa para empresa siderúrgica. La encuesta aplicada consta de 7 preguntas, las mismas que se encuentran en el Anexo 2 de esta tesis.

3.5.2 Instrumento para la aplicación de técnicas

La encuesta consta de 5 preguntas objetivas y cerradas con contestaciones de Si o No, y 2 preguntas para escoger opciones, teniendo en común todas ellas, sobre el conocimiento de la instalación de la línea de oxígeno en el horno de fundición de acero, la optimización del proceso para realizarlo en menor tiempo, y el impacto ambiental que se pudiera ocasionar por esta nueva instalación en el proceso de fundición.

3.6 Procesamiento de la información

Para el procesamiento de información, se considerará lo siguiente:

- Recopilación de información mediante encuesta
- Tabulación de la información.
- Análisis estadístico con la información obtenida.
- Obtención de porcentajes de cada pregunta.
- Análisis gráfico de cada pregunta, utilizando el software Microsoft Excel.
- Interpretación de resultados obtenidos.

En los ítems siguientes se detallan los resultados obtenidos en cada pregunta con su respectiva interpretación.

3.7 Análisis e interpretación de los resultados de la encuesta

3.7.1 Análisis, tabla y gráfico de la Pregunta 1.

Pregunta 1: ¿Conoce usted si el horno de arco eléctrico trabaja con o sin oxígeno?

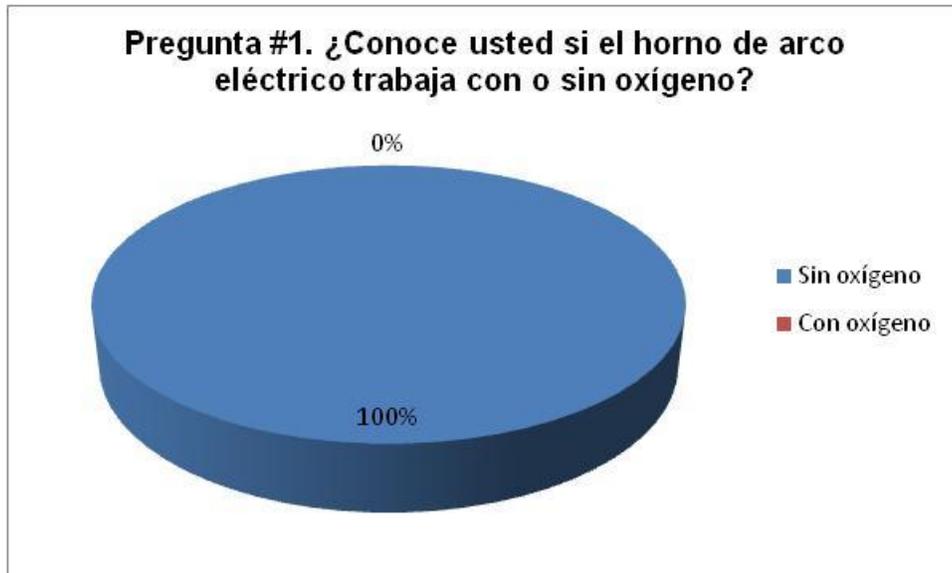
Tabla 1 Respuesta tabulada de la pregunta #1

Pregunta #1. ¿Conoce usted si el horno de arco eléctrico trabaja con o sin oxígeno?		
RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Sin oxígeno	50	100%
Con oxígeno	0	0%

Fuente: Encuesta realizada a los trabajadores del área de fundición.

Elaborado por: Los Autores.

Figura 6 Porcentaje tabulado de la pregunta #1



Fuente: Encuesta realizada a los trabajadores del área de fundición.

Elaborado por: Los Autores.

Análisis.-De la muestra tomada de 50 trabajadores, todos conocen que el proceso de fundición de acero, no tiene una línea de oxígeno en el horno de arco eléctrico, lo que demuestra que todos tienen claro el proceso de fundición de la empresa.

3.7.2 Análisis, tabla y gráfico de la Pregunta 2

Pregunta #2: ¿Tiene conocimiento usted de algún estudio anterior para optimizar algún proceso al acero?

Tabla 2 Respuesta tabulada de la pregunta #2

Pregunta #2. ¿Tiene conocimiento usted de algún estudio anterior para optimizar algún proceso al acero?		
RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	38	76%
No	12	24%

Fuente: Encuesta realizada a los trabajadores del área de fundición.
Elaborado por: Los Autores.

Figura 7 Porcentaje tabulado de la pregunta #2



Fuente: Encuesta realizada a los trabajadores del área de fundición.
Elaborado por: Los Autores.

Análisis.-En un 76%, se tiene conocimiento de algunos estudios realizados en la empresa para optimizar otros procesos, debido a que se tiene implementado sistemas de calidad bajo Normas ISO, lo que permite la apertura para proyectos de optimización como una mejora continua. El 24% no conoce sobre estudios de optimización realizados anteriormente. Este análisis permitió demostrar que la empresa apoya estos proyectos, por lo que

los tesisistas tuvimos la oportunidad de implementar la línea de oxígeno para optimizar el tiempo de fundición como una mejora continua.

3.7.3 Análisis, tabla y gráfico de la Pregunta 3

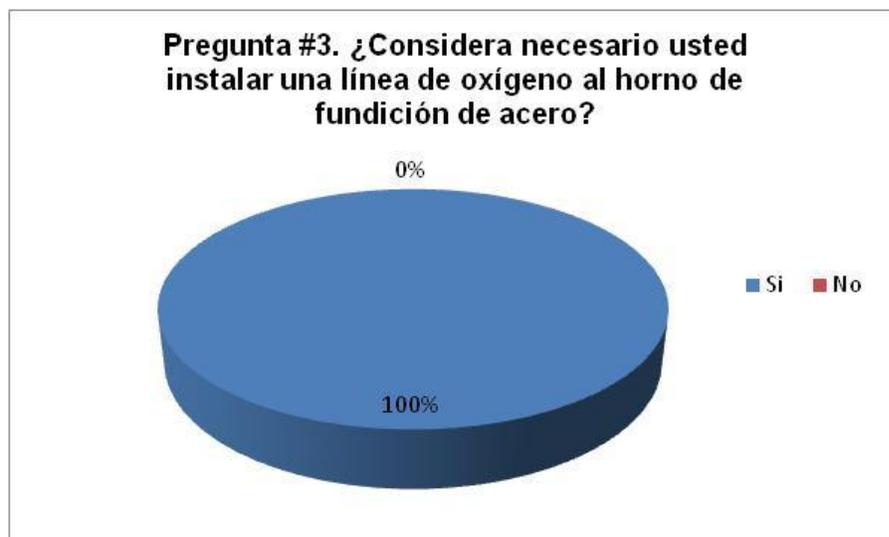
Pregunta #3. ¿Considera necesario usted instalar una línea de oxígeno al horno de fundición de acero?

Tabla 3 Respuesta tabulada de la pregunta #3

Pregunta #3. ¿Considera necesario usted instalar una línea de oxígeno al horno de fundición de acero?		
RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	50	100%
No	0	0%

Fuente: Encuesta realizada a los trabajadores del área de fundición.
Elaborado por: Los Autores.

Figura 8 Porcentaje tabulado de la pregunta #3



Fuente: Encuesta realizada a los trabajadores del área de fundición.
Elaborado por: Los Autores.

Análisis.-En su totalidad (100%) afirmaron que es necesario instalar la línea de oxígeno en el horno de fundición de acero, con el fin de optimizar los tiempos para minimizar recursos y costos.

3.7.4 Análisis, tabla y gráfico de la Pregunta 4

Pregunta #4. ¿Cree usted que una vez que se instale la línea de oxígeno, el tiempo de fundición será menor?

Tabla 4 Respuesta tabulada de la pregunta #4

Pregunta #4. ¿Cree usted que una vez instalada la línea de oxígeno, el tiempo de fundición será menor?		
RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	48	96%
No	2	4%

Fuente: Encuesta realizada a los trabajadores del área de fundición.
Elaborado por: Los Autores.

Figura 9 Porcentaje tabulado de la pregunta #4



Fuente: Encuesta realizada a los trabajadores del área de fundición.

Elaborado por: Los Autores.

Análisis.- El 96% cree que el tiempo de fundición será menor si se instala una línea de oxígeno al horno de fundición, un pequeño porcentaje (4%), duda de que esto de los resultados esperados.

3.7.5 Análisis, tabla y gráfico de la Pregunta 5

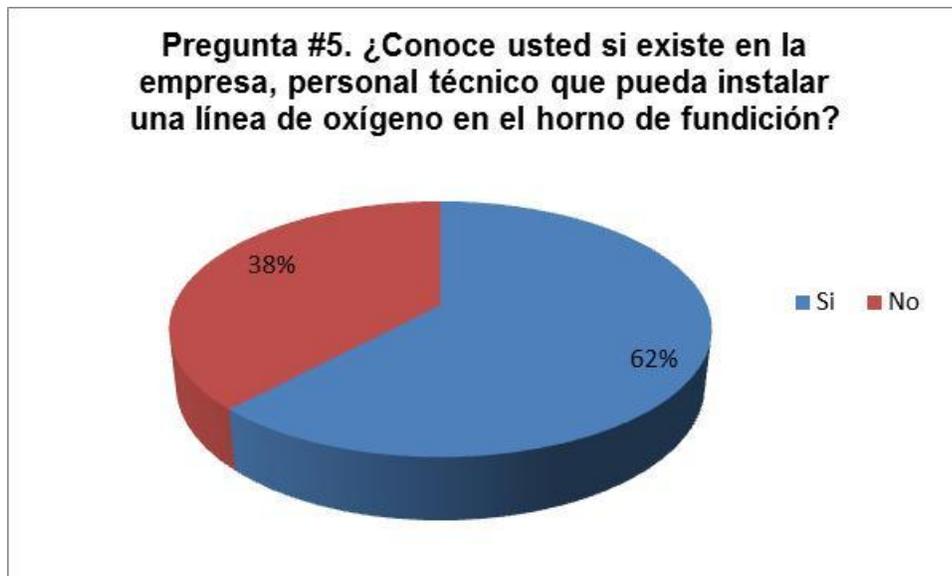
Pregunta 5. ¿Conoce usted si existe en la empresa, personal técnico que pueda instalar una línea de oxígeno en el horno de fundición?

Tabla 5 Respuesta tabulada de la pregunta #5

Pregunta #5. ¿Conoce usted si existe en la empresa, personal técnico que pueda instalar una línea de oxígeno en el horno de fundición?		
RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	31	62%
No	19	38%

Fuente: Encuesta realizada a los trabajadores del área de fundición.
Elaborado por: Los Autores.

Figura 10 Porcentaje tabulado de la pregunta #5



Fuente: Encuesta realizada a los trabajadores del área de fundición.
Elaborado por: Los Autores.

Análisis.-El 62% de los encuestados piensa que el personal técnico de la empresa puede instalar la línea de oxígeno, el 38% dice que sería conveniente que la instalara personal técnico contratado.

3.7.6 Análisis, tabla y gráfico de la Pregunta 6

Pregunta #6. ¿Cree usted que al implementar una nueva línea de oxígeno en el proceso de fundición de acero podría causar algún impacto ambiental significativo?

Tabla 6 Respuesta tabulada de la pregunta #6

Pregunta #6. ¿Cree usted que al implementar una nueva línea de oxígeno en el proceso de fundición de acero podría causar algún impacto ambiental significativo?		
RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	16	32%
No	34	68%

Fuente: Encuesta realizada a los trabajadores del área de fundición.
Elaborado por: Los Autores.

Figura 11 Porcentaje tabulado de la pregunta #6



Fuente: Encuesta realizada a los trabajadores del área de fundición.
Elaborado por: Los Autores.

Análisis.- El 68% de los encuestados dicen que los trabajos realizados en la empresa, siempre se caracterizan por ser amigables con el ambiente, y que se trata en lo posible de evitar impactos negativos. El 32% indica de que por las actividades a realizar si se pueden dar impactos al ambiente, pero consideran que no serán significativos.

3.7.7 Análisis, tabla y gráfico de la Pregunta 7

Pregunta #7. ¿Qué medida de mitigación de impactos, cree usted que es más importante en las actividades a realizar para la instalación de la línea de oxígeno en el horno de fundición de acero?

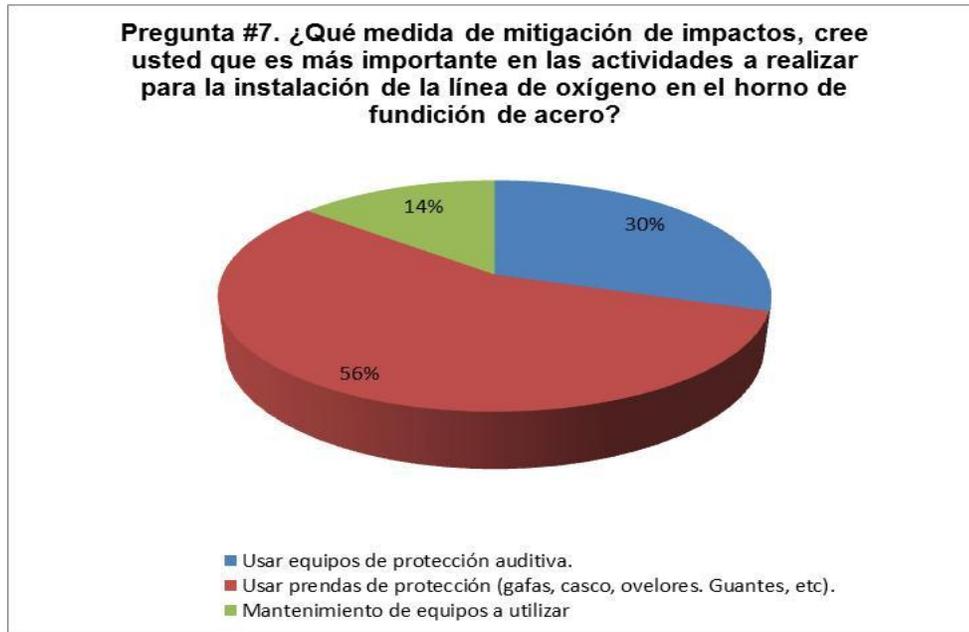
Tabla 7 Respuesta tabulada de la pregunta #7

Pregunta #7. ¿Qué medida de mitigación de impactos, cree usted que es más importante en las actividades a realizar para la instalación de la línea de oxígeno en el horno de fundición de acero?		
RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Usar equipos de protección auditiva.	15	30%
Usar prendas de protección (gafas, casco, ovelores. Guantes, etc).	28	56%
Mantenimiento de equipos a utilizar	7	14%

Fuente: Encuesta realizada a los trabajadores del área de fundición.

Elaborado por: Los Autores.

Figura 12 Porcentaje tabulado de la pregunta #7



Fuente: Encuesta realizada a los trabajadores del área de fundición.

Elaborado por: Los Autores.

Análisis.- El 56% le da más importancia a utilizar prendas de protección tales como casco, ovelores, guantes, gafas, etc.; el 30% dice que es más importante utilizar protectores auditivos, y el 14%, dice que es importante dar mantenimiento a los equipos que se usaran para la instalación de la línea de oxígeno. En general todas llevan a un mismo fin minimizar impactos que se pudieran generar cuando se esté instalando la nueva línea de oxígeno.

3.8 Análisis general de la encuesta.

De la encuesta realizada, los resultados concluye que el personal que labora en el área de fundición de la empresa siderúrgica si está consciente de la importancia de implementar una nueva línea de oxígeno al horno de fundición de acero, con el fin de optimizar el proceso de fundición en cuanto a su tiempo, recursos y costos. Se evidencia la necesidad de realizar el proyecto y la

predisposición de la empresa y sus trabajadores de emprender nuevos proyectos que se encaminen a una mejora continua.

Se evidencia también la importancia de tomar todas las medidas de mitigación a fin de evitar impactos ambientales al momento de realizar el proyecto.

CAPÍTULO IV

OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE FUNDICIÓN

4.1 Descripción del Proyecto

4.1.1 Determinación del tamaño del proyecto

El proyecto implica la instalación de una línea de oxígeno en un horno de arco eléctrico cuya capacidad es de 25 toneladas, con un tiempo estimado de fundición de 40 minutos. Con este proceso se puede obtener aproximadamente 570 toneladas adicionales por año.

4.1.2 Ingeniería del proyecto de optimización del tiempo de fundición

La ingeniería del proyecto de optimización del tiempo de fundición consiste en definir el tiempo del horno de fundición, procesos e ingeniería del proyecto necesarios para poder realizar la fundición de la chatarra.

4.2 Descripción del proceso de producción en una planta siderúrgica

El proceso de producción en una planta siderúrgica se muestra en la figura 13 mediante el siguiente diagrama de flujo:

Figura 13 Diagrama de flujo del proceso de producción en una industria siderúrgica



Fuente: Información facilitada por la empresa.

Elaborado por: Los Autores.

4.2.1 Preparación de chatarra

En la preparación de minerales, se realizan operaciones de acondicionamiento, como el cribado y trituración de chatarra. Por lo general esta actividad se realiza al aire libre.

La materia prima de este proceso es la chatarra. Existen tres tipos de chatarra:

- Chatarra Tipo A: Es dura, de longitudes extensas y la cuál debe ser cortada con la mano del hombre a través de herramientas aptas para esta

función a pedazos pequeños. Las más comunes son carrocerías de automóviles, buses y partes de barcos.

- Chatarra Tipo B: Son de longitudes pequeñas como barriles.
- Chatarra Tipo C: Son latas de bebidas y piezas muy pequeñas de acero y retornos de acería.

4.2.2 Sinterización

Consiste en un pretratamiento en la producción de hierro, mediante el calentamiento de mineral de hierro fino con fundente y finos de coque o carbón, para producir una masa semifundida que se solidifica en piezas porosas de sinterizado con las características de tamaño y fuerza necesarias para servir de alimento de alto horno. En este paso se aglomeran por combustión las partículas finas de minerales de hierro y, en algunas plantas, desechos de óxido de hierro secundario (polvo capturado, cascarilla de laminación).

4.2.3 Altos hornos

En este paso es donde se convierte el mineral en hierro fundido.

4.2.4 Acerías

Es donde se realiza la conversión del hierro fundido o el arrabio en acero.

4.2.5 Laminación

Las laminadoras son las máquinas encargadas de laminar, es decir, de aplanar el acero surgido del proceso de metalurgia y fundición para crear materia prima de acero en forma de planchas o láminas, que pueden ser estampadas,

troqueladas y/o enchapadas para obtener productos secundarios del acero como automóviles o autopartes, ferrajes y otros.

4.2.6 Decapado

Es el proceso mediante el cual se realiza el tratamiento superficial de metales para eliminar las impurezas, en el campo de la siderurgia específicamente el herrumbre o escoria.

4.2.7 Acabado

Luego de los procesos de laminación y decapado, y de acuerdo a la forma o tamaño, esto es varillas, tubos, rieles, perfiles, etc. se procede a un acabado de las láminas de acero.

4.3 Principales áreas de una planta siderúrgica

Entre las principales áreas de las plantas siderúrgicas se encuentran las siguientes:

- Área de almacenamiento de chatarra.
- Área de selección de chatarra.
- Área de horno.

4.3.1 Área de almacenamiento de chatarra.

Es el área donde se almacena la chatarra, y donde la empresa siderúrgica realiza las actividades de compra a los recolectores a cambio de un precio pactado según el peso.

4.3.2 Área de selección de chatarra.

En esta área se realiza la selección de lo que va a ingresar al recipiente del horno de fundición, como:

- Chatarra fina fundición rápida a estado líquido.
- Chatarra semi gruesa para mantener en estado líquido.
- Chatarra gruesa para no dejar escapar el calor.

4.3.3 Área de horno.

En el área del horno se recibe toda la chatarra para comenzar con el proceso de fundición.

4.4 Descripción del horno de arco eléctrico

El horno eléctrico con que cuenta la empresa siderúrgica donde se realizó el proyecto de tesis, es de Arco Eléctrico con una capacidad nominal de 15 toneladas, pero al optimar este proceso se ha logrado alcanzar hasta 25 toneladas. Se estima que con una máxima producción de este horno se puede aumentar la producción a 220.000 Ton. /Año.

Está formado por una cuba de chapa de acero de forma cilíndrica, revestida de material refractario, subsolera, solera, talud, piquera, bóveda. El horno está herméticamente cerrado por una bóveda refrigerada y con núcleo de material refractario, atravesada por 3 columnas de electrodos a través de orificios ajustados por camisas refrigeradas por agua. El horno se carga por la parte superior, desplazando la bóveda y subiendo los electrodos.

Los electrodos son de grafito y tienen forma cilíndrica. Tienen 14 pulgadas de diámetro y 156 cm de longitud, con un peso promedio de 300 kg. Están provistos en sus dos extremos de orificios roscados a los que se acopla una pieza de unión llamada “neplo”, que consiste en un cilindro roscado, del mismo material, que sirve para empalmar dos electrodos consecutivos. Sirven para llevar la corriente eléctrica al interior del horno y permitir que los arcos eléctricos se formen entre sus extremos y la carga, sin que a pesar de la elevada temperatura se fundan.

Consta de un transformador de 7500 kVA (kilovoltioamperio) de potencia, cuyo primario está conectado a la red de alta tensión, un sistema de regulación, y los cables y pinzas de conexión con los electrodos.

Cuanto más alta sea la potencia eléctrica del horno más breve será el tiempo de operación, menores serán las pérdidas por radiación y menor el consumo de energía por tonelada, que llega a reducirse a 590 kwh/tonelada.

4.5 Optimización de la fundición de acero

4.5.1 Recursos utilizados

Durante la investigación realizada para esta tesis, en la empresa siderúrgica se contó con el apoyo logístico de la empresa, tanto de personal, materiales y equipos, a fin de instalar la línea de oxígeno en el horno de fundición de acero. A continuación se mencionan algunos de estos recursos:

4.5.1.1 Personal

En la tabla 8, se detalla el personal que colaboró en la empresa siderúrgica para la instalación de líneas de inyección de oxígeno en el horno de fundición:

Tabla 8 Personal requerido para instalación de línea de inyección de oxígeno

Cantidad	Personal	Conocimiento requerido y funciones
02	Tesistas	Diseño, construcción e instalación de tubería.
02	Soldadores	Debe contar con certificados de soldadura Norma ASME, pruebas a 45° con soldadura protegida (purga). Trabajos de soldaduras.
02	Tuberos	Conocimientos de instalación y armado de líneas de tubería.
02	Oficiales	Conocimiento de herramientas industriales y de corte.

Fuente: Información facilitada por la empresa.

Elaborado por: Los Autores.

4.5.1.2 Materiales Requeridos

En la tabla 9, se detallan los materiales utilizados en la instalación de líneas de inyección en el horno de fundición:

Tabla 9 Material requerido para instalación de línea de inyección de oxígeno

Cantidad	Material	Características
56 metros	Tubería de acero inoxidable	Diámetros establecidos: 2". Cédula 40s. (Acero inoxidable).
115 metros	Tubería de acero inoxidable	Diámetros establecidos: 1 1/2" Cédula 40s. (Acero inoxidable).
876 metros	Tubería de acero inoxidable	Diámetros establecidos: 1/2" Cédula 40s. (Acero inoxidable).
150 unidades	CODOS de acero inoxidable	Diámetros establecidos: 1/2" Cédula 40s. (Acero inoxidable).
50 unidades	T DE ACERO INOXIDABLE	Diámetros establecidos: 1/2" Cédula 40s. (Acero inoxidable).
12 unidades	CODOS de acero inoxidable	Diámetros establecidos: 2" Cédula 40s. (Acero inoxidable).
2 unidades	T DE ACERO INOXIDABLE	Diámetros establecidos: 2" Cédula 40s. (Acero inoxidable).
15 unidades	T DE ACERO INOXIDABLE	Diámetros establecidos: 1 1/2" Cédula 40s. (Acero inoxidable).
4 unidades	CODOS de acero inoxidable	Diámetros establecidos: 1 1/2" Cédula 40s. (Acero inoxidable).

Fuente: Información facilitada por los autores sobre requerimiento.

Elaborado por: Los Autores.

Las tuberías que se utilizaron en el proyecto, tienen características normadas o estándares mediante ASTM A53 / A53M – 12, donde se describen las especificación técnicas de tuberías para diferentes usos. Con respecto a la cédula 40s, se describe con esto las tuberías sin costura porque no se forman soldando los extremos de una plancha para formar el tubo, sino que lo rolan

para darle la forma del tubo y cuando este es de acero inoxidable se le asigna la letra s.

La denominación de cédula, se basa en la resistencia a la presión estática interior o exterior de la tubería, esto hace que tanto el diámetro como el espesor varíen no solamente de tamaño, sino su cédula. Por ejemplo una tubería de 2" cédula 40 tiene un espesor de 3.912 mm, mientras que con cédula 80 se tiene un espesor de 5.54 mm, y en ambos tiene el mismo diámetro exterior que es de 60.3 mm. En las figuras 14 y 15 se observan las tuberías utilizadas para la optimización del proceso de fundición de acero.

Figura 14 Tuberías de Acero diámetro 2", 40s



Fuente: Información facilitada por los autores.

Elaboración: Los Autores.

Figura 15 Tuberías de Acero diámetro 1/2", 40s



Fuente: Información facilitada por los autores.

Elaboración: Los Autores.

4.5.1.3 Equipos Requeridos

Los equipos para efectuar el montaje de las líneas de inyección de oxígeno en el horno se detallan en la tabla 10:

Tabla 10 Equipos requeridos para instalación de línea de inyección de oxígeno

Cantidad	Material	Características/ Función
03	Máquinas de soldar TigInvertec	Dispositivo de soldadura por arco o tig. Tiene corriente alterna con una frecuencia por encima de 50 kHz, lo que permite reducir el tamaño y el peso del transformador en comparación con equipos de soldadura tradicionales.
18	Tanques de Argón	El Argón es un gas monoatómico, químicamente inactivo, y equivale aproximadamente al 1% de la cantidad de aire. Es incoloro, sinsabor, no es corrosivo y no es inflamable. Utilizado en proceso de soldadura de arco.
02	Amoladoras	Se utiliza para pulir el metal. El uso más común es limar soldaduras y suavizar las superficies de corte de metal.
01	Caja de herramientas varias	Herramientas menores, necesarias para la instalación de tuberías.

Fuente: Información facilitada por los autores y personal de la empresa.

Elaborado por: Los Autores.

4.5.1.4 Equipos requeridos de seguridad

En la tabla 11, se detallan los equipos de seguridad personal que se utilizaron para la instalación de las líneas de inyección de oxígeno en el horno de fundición:

Tabla 11 Equipos de seguridad requeridos para instalación de línea de inyección de oxígeno

Cantidad	Material
08	Arnés de seguridad para las alturas
08	cascos de protección
08	pares de orejeras
08	gafas protectoras
08	maskarillas con doble filtro para gases
08	pares de botas de seguridad puntas de acero
08	overoles jeans
03	faciales de soldar
02	faciales transparentes

Fuente: Información facilitada por los autores y personal de la empresa.

Elaborado por: Los Autores.

4.6 Diseño y montaje de líneas de oxígeno

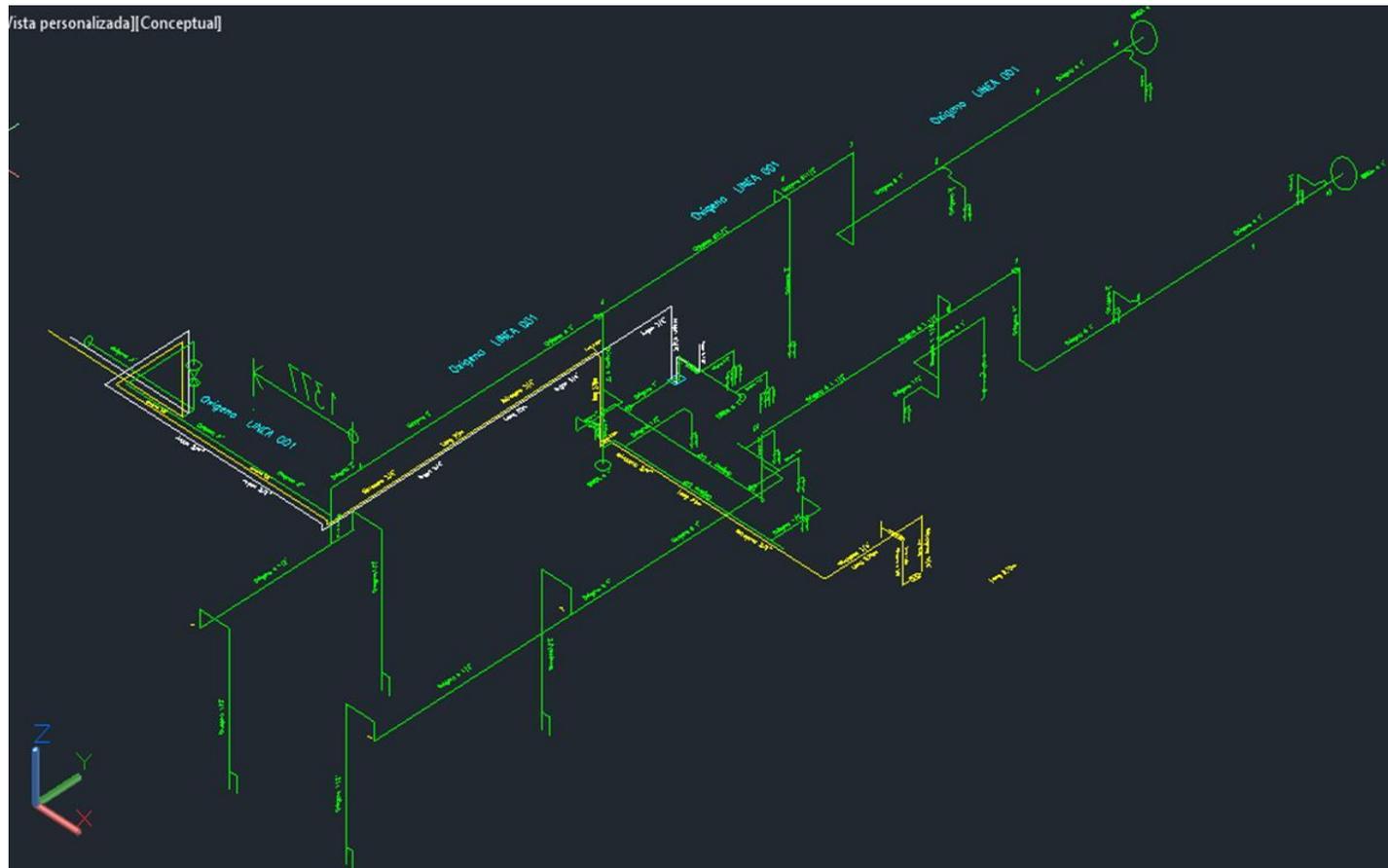
4.6.1 Diseño isométrico

Para el diseño de las líneas de inyección de oxígeno al horno de fundición, se realizó un estudio isométrico que consiste en un método gráfico donde se proyectan tres ejes (coordenadas x, y, z), conformando un mismo ángulo de

120° entre sí. Los objetos se muestran con una rotación del punto de vista de 45°.

En la figura 16, se muestra la proyección isométrica realizada para el proyecto.

Figura 16 Proyección isométrica para la instalación de líneas de oxígeno



Fuente: Diseño realizado por los autores.

Elaborado por: Los Autores.

El tanque criogénico tipo 405-vcc, se observa en la figura 17; tiene una capacidad de almacenamiento equivalente alrededor de 38400 litros de oxígeno líquido que suministra al horno de fundición en estado gaseoso de 1000-a 1600 m³/h. Los tanques criogénicos son recipientes utilizados para almacenar oxígeno en forma de líquido aproximadamente. (-186° C) y suministrarlo en su forma gaseosa.

Figura 17 Tanque criogénico

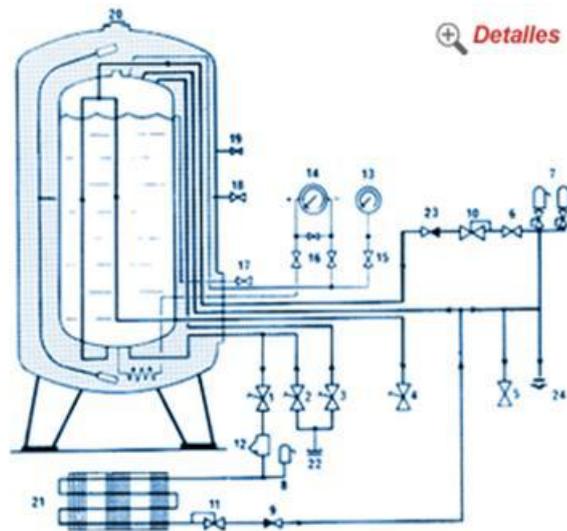


Fuente: Información facilitada por la empresa.

Elaborada por: Los Autores

El tanque está constituido por un recipiente interior y uno exterior, al espacio entre los dos recipientes se le hace vacío y se llena con material aislante, generalmente perlita, este espacio es conocido como espacio anular. El recipiente interior, está preparado para resistir una presión máxima de 15 kg/cm²; está fabricado de acero inoxidable, su función es contener el líquido criogénico (-186° C), mientras que el recipiente exterior se fabrica en acero al carbón y su función es sostener el material de aislamiento térmico y soportar el recipiente interior. En la figura 18, se muestra la estructura interna del tanque estacionario.

Figura 18 Estructura interna del tanque estacionario



Fuente: Información facilitada por la empresa

Elaborada por: Los Autores

El tanque estacionario en su componente interno, mantiene una temperatura de -186°C (361°F), por lo que el oxígeno permanece en estado líquido; el aislamiento térmico se forma por el espacio anular (alto vacío) y la perlita. Conjunto con el gasificado (tipo A-64) como indica la tabla 12 y 13.

Tabla 12 Energía requerida para algunos fluidos

FLUIDO	DATOS DE CONVERSIÓN			ENERGÍA REQUERIDA				
	SFC POR GAL Líquido	SCFH por GPM	GPM at 10,000 SCFH	Btu/Hr	KW	Gals/Hr' Gasolina	Lbs/Hr" Vapor	Ft3/Min''' Air
Argón	112.5	6.750	1.47	123.000	36.1	1.0	115	12.300
CarbónDióxido	74.04	4.442.4	2.25	171.000	50.2	1.39	160	17.100
Helio	100.8	6.048	1.655	67.500	19.8	0.55	63	6.750
Hidrógeno	113.6	6.816	1.47	89.000	26.1	0.72	84	8.900
Nitrógeno	93.11	5.586.6	1.787	134.400	39.4	1.09	126	13.400
Oxígeno	115.1	6.906	1.45	142.000	41.6	1.15	133	14.200
Nitroso Oxido	89.05	5.343	1.895	181.000	53.0	1.47	169	18.100
Propano	36.5	2.190	3.97	213.000	62.4	1.73	200	21.300

Fuente:Manual criogénico de Linde
Elaborado por: EI AUTOR

Tabla 13 Conversión de fluidos

FLUIDO	DATOS DE CONVERSIÓN			ENERGIA REQUERIDA				
	SFC POR GAL Liquid	SCFH por GPM	GPM at 10,000 SCFH	Btu/Hr	KW	Gals/Hr' Gasolina	Lbs/Hr" Vapor	Ft3/Min''' Air
Argón	7813	46.878	21.33	137	184	14.4	198	368
Carbón Dióxido	5142	30.852	32.41	191	256	20.0	276	513
Helio	7000	42.0	23.80	75.3	101	7.91	109	202
Hidrógeno	7889	47.334	21.12	99.3	133	10.4	144	268
Nitrógeno	6466	38.796	25.77	150	201	15.8	217	403
Oxígeno	7993	47.958	20.85	158	212	16.6	229	424
Nitroso Oxido	6184	37.104	26.95	202	270	21.2	292	5.42
Propano	2535	15.21	65.74	238	319	25.0	344	639

Fuente:Manual criogénico de Linde
Elaborado por: EI AUTOR

4.6.2 Fórmula de calibración para medidores de flujo

$$C = \frac{F_2}{F_1} = \sqrt{\frac{SG_1 * P_2 * T_1}{SG_2 * P_1 * T_2}}$$

Dónde:

- C= Factor de corrección por el cual la lectura indicada escala. Se multiplica para obtener el caudal real del gas que se utiliza
- F1= Lectura indicada en la escala
- F2= Velocidad actual de flujo de gas se utiliza.
- SG1= Gravedad específica del gas del medidor de flujo está calibrado para
- SG2= Gravedad específica del gas a utilizar en caudalímetro
- P1= Presión absoluta en PSI de gas del medidor de flujo está calibrado para
- P2= Presión absoluta en psi de gas a utilizar en caudalímetro
- T1= Temperatura absoluta en R de gas del medidor de flujo
- T2= Temperatura absoluta en R de gas a utilizar en caudalímetro

4.6.3 Calculo de diámetro de la tubería

Utilizando la fórmula de Renouard, se calcula el diámetro a utilizar para la alimentación de oxígeno al horno de fundición.

Fórmula general:

$$p_i^2 - p_f^2 = 48,6 \cdot S \cdot L \cdot Q^{1,82} \cdot D^{-4,82}$$

Fórmula simplificada:

$$D = \sqrt[4,82]{\frac{48,6 \cdot S \cdot L \cdot Q^{1,82}}{p_i^2 - p_f^2}} =$$

Datos:

S= 1,32 densidad del oxígeno

L= 250 metro de longitud

Q= 19000 m³/h caudal de consumo del horno 1600 m³/h Y 19 l puntos de trabajo de 1000 m³/h. La suma de consumos da caudal de 19600 m³/h

Pi= 203.50 kg/cm² presión inicial o 14 br

Pf= 183.15 kg/cm² presión final con el 10% de caída considerando la regla

$$D = \sqrt[4,82]{\frac{48,6 \cdot 1,32 \cdot 250 \cdot 19600^{1,82}}{203,50^2 - 183,15^2}}$$

D= 48,40mm

Realizando los cálculos de diámetro interno necesario el resultado es de 48,40 mm, si comparamos con la tabla 14, disponible de acuerdo a la norma, podemos apreciar de la tubería que podríamos instalar es un tubo de 51mm (2”), que tiene como diámetro interno 52,48mm cumpliendo la norma de prever cambios o modificaciones futuras cumple el porcentaje requerido.

Tabla 14. Diámetros internos de tuberías

D (mm)		STD		SCH 40		SCH 80	
Dn	De	e	Di	e	Di	e	Di
13	21,3	2,77	15,76	2,77	15,76	3,73	13,84
19	26,7	2,87	20,96	2,87	20,96	3,91	18,88
25	33,4	3,38	26,64	3,38	26,64	4,55	24,3
32	42,2	3,56	35,08	3,56	35,08	4,85	32,5
38	48,3	3,68	40,94	3,68	40,94	5,08	38,14
51	60,3	3,91	52,48	3,91	52,48	5,54	49,22
63	73,0	5,16	62,68	5,16	62,68	7,01	58,98
76	88,9	5,49	77,92	5,49	77,92	7,62	73,66
102	114,3	6,02	102,26	6,02	102,26	8,56	97,18
152	168,3	7,11	154,08	7,11	154,08	10,97	146,36

Fuente: Manual criogénico de Linde

Elaborado por: El AUTOR

Figura 19 Cálculo de tubería

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1												
2	CALCULO DE TUBERIA DE OXIGENO											
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15	Peso molecular:	32										
16	Temp. en centigrados	32 Centigrados						Instructivo:				
17	Presión absoluta	14,5 Bares						1. Introducir el peso molecular del gas en B15				
18								2. Introducir la temperatura aproximada del gas en B16				
19								3. Introducir la presión absoluta del gas en B17				
20	Pérdidas admisible en vacío		6600 Pascales	Máximo		6.6 kPa		Gas a presión: (1 + presión manométrica), Vacío: 0.4 bar				
21	Pérdidas admisibles en gases a presión.		50000 Pascales	Máximo		50 Kpa		4. Introducir todos los tramos a evaluar, ej: A-B, B-C, C-D, etc.				
22								5. Introducir los caudales (celdas C8 a C13)				
23								6. Introducir longitudes equivalentes de tubería (celdas D8 a D13)				
24	Presión absoluta para el vacío:		0,4 Bar					7. Introducir diámetros tentativos, cambiar hasta obtener el resultado deseado (simular varios valores) hasta obtener la caída de presión máxima.				
25	Presión absoluta para gases a presión:		4,5 Bar					8. Comprobar la caidad de presión máxima, sumando las caidas parciales de cada tramo hasta la toma más lejana en las celdas H8 a H13.				
26												
27	Peso molecular para el vacío (aire):		29									
28	Peso molecular para el O2:		32									
29												
30	Columnas en rojo:	Se obtienen de tablas (caudal) y planos (diámetro)										
31	Columnas en azul:	Se estima un valor inicial y se hacen cálculos sucesivos hasta cumplir con los requerimientos de caída de presión máxima										
32	Color verde	Información de peso molecular, temperatura ambiente a la sombra y presión absoluta del gas.										
33												
34												
35												
36												

Fuente: Datos calculados por autores

Elaborado por: Los autores

Tabla 15 Demanda de oxígeno

OXIGENO	Flujo pico		DEMANDA
AREA	LPM O2	CANT	TOTAL
PUESTOS DE TRABAJO LADO A	1000	7	7000
PUESTOS DE TRABAJO LADO B	1000	7	7000
HORNO DE FUNDICION	1600	1	1600
PLANTA BAJA IMPURESAS	1000	4	4000
FUTURAS AMPLIACIONES 20%	1,2	2	19600
TOTAL LPM			23520

M3/H 1411,2

1 LPM = 0.06M3/H

Fuente: Datos calculados por autores

Elaborado por: Los autores

Esta proyección isométrica fue preparada por los autores mediante el programa AutoCAD, en la tabla 16 se detalla la descripción de cada una de las líneas.

Tabla 16 Detalle de líneas usadas en el diseño isométrico

DETALLE DEL ISOMETRICO		
COLOR DE LÍNEA	TIPO DE GAS	DESCRIPCIÓN
AMARILLO	NITRÓGENO	Gas usado para la protección de la chatarra fundida para que evitar oxido
NEGRO	ARGÓN	Gas usado para la protección de herramienta de corte formada
VERDE	OXÍGENO INDUSTRIAL	Gas usado para eliminar impurezas y propagación del arco que se forma en el electrodo a fundir la chatarra

Fuente: Norma INEN- Colores de líneas para gases.

Elaborado por: Los Autores.

En la figura 20, se evidencia el trabajo de los autores en la elaboración del diseño para la instalación de la línea de oxígeno en el área de fundición de la empresa siderúrgica.

Figura 20 Elaboración de diseño preparado por autores



Fuente: Información facilitada por los autores.

Tomada por: Los Autores.

4.6.4 Montaje de líneas de oxígeno

Se realizaron los montajes de las líneas de oxígeno siguiendo el diseño de proyección isométrico realizado, siguiendo una ruta establecida en la empresa siderúrgica a continuación se aprecian memorias fotográficas del montaje de las figuras 21, 22, 23, 24 y 25:

Figura 21 Montaje de la línea de oxígeno planta baja lado C y D.



Fuente: Información facilitada por los autores.

Tomada por: Los Autores.

Figura 22 Montaje de la línea de oxígeno primer nivel lado C y D.



Fuente: Información facilitada por los autores.

Tomada por: Los Autores.

Figura 23 Montaje de la línea de oxígeno segundo nivel lado C y D.



Fuente: Información facilitada por los autores.

Tomada por: Los Autores.

Figura 24 Montaje de la línea de oxígeno en columnas 4 a la 10 lado D.



Fuente: Información facilitada por los autores.

Tomada por: Los Autores.

Figura 25 Montaje de la línea de oxígeno en la columna 2 a la 10 lado C.



Fuente: Información facilitada por los autores.

Tomada por: Los Autores.

4.7 Resultados

Una vez que la línea de oxígeno fue instalada en el horno, se monitoreo el funcionamiento de la misma, teniendo los siguientes resultados:

4.7.1 Fundición Proyectada

Con una capacidad de 25 toneladas, y en un tiempo estimado de fundición de 40 minutos, se estima que se puede obtener aproximadamente 570 toneladas adicionales por año. En la tabla 17, se indica la fundición proyectada hasta el 2015.

Tabla 17 Fundición proyectada hasta el 2015

Año	Oferta de fundición del año anterior (Ton)	Tasa de crecimiento anual	Oferta anual de fundición (Ton)
2012	120000	---	120000
2013	120000	1.57	188400
2014	188400	1.57	295788
2015	295788	1.57	464387

Fuente: Proporcionado por la empresa.

Elaborado por: Los Autores.

En una estimación proyectada de oferta anual de fundición con una tasa de crecimiento anual de 1,57, se tiene para el 2015 un valor de 463387 ton/año. Figura 26.

Figura 26 Oferta anual de fundición proyectada hasta el 2015



Fuente: Proporcionado por la empresa.

Elaborado por: Los Autores.

4.8 Variables optimizadas

Según estadísticas y registros de la empresa siderúrgica donde se realizó el proyecto de tesis, se pudo hacer una comparación de algunas variables con los datos obtenidos después de haber instalado y puesto en funcionamiento la línea de oxígeno en el horno de fundición, lo que se detalla en la tabla 18.

Tabla 18 Variables antes y después de la optimización

Optimización de:	Antes	Después
Capacidad (Ton)	15	25
Potencia eléctrica del horno (MVA)	12,5	24
Tiempo proceso (min)	90	40
Producción (T/hr)	10	37,5
Alimentación chatarra	manual	automática
Inyección aditivos	manual	automática

Fuente: Proporcionado por la empresa.

Elaborado por: Los Autores.

Con la instalación de la línea de oxígeno se ha podido cumplir con el objetivo de esta tesis de minimizar el tiempo de proceso de fundición de 90 minutos a 40 minutos, además de minimizar el uso de los recursos que se requerían anteriormente, ya que actualmente con la optimización realizada se tiene una capacidad del horno de 25 toneladas y una potencia eléctrica del horno de 24 kVA que permite que el tiempo de operación sea más rápido y por ende las pérdidas por radiación y consumo de energía por tonelada serán menores.

Es importante recalcar que con todas estas variables optimizadas, es evidente también el incremento de producción de fundición del acero de 10 a 37,5 ton/hora, lo que beneficia tanto en costos como en recursos a la empresa siderúrgica.

Así también, de los registros obtenidos en la empresa, se estima que:

- El consumo actual de oxígeno ha pasado de 1000 a 1600 m³/h
- EL consumo eléctrico se ha reducido en un 5%
- El tiempo de carburación se ha reducido en un 90%
- Se genera escoria espumosa con el cual se aísla el arco el eléctrico aumentando el tiempo de uso del refractario y disminuyendo la transmisión de calor de las superficies del acero

CAPÍTULO V

EVALUACIÓN AMBIENTAL

5.1 Introducción

Con la implementación de una nueva línea de oxígeno en el proceso de fundición de acero, se hace necesario realizar una evaluación ambiental, a fin de determinar los posibles impactos que se pudieran generar una vez que esté en funcionamiento.

Dentro de una identificación ambiental, se analizan tres componentes ambientales como son el físico (agua, aire, suelo), biótico (fauna y flora), y socioeconómico (demográfico, población, salud, educación, etc.), y una vez identificada se evalúa mediante metodologías de valoración, siendo una de las más utilizadas la matriz de Leopold.

5.2 Identificación de Impactos Ambientales

En la implementación de la línea de oxígeno al horno de fundición, se enlistan las siguientes actividades:

- Cortes de tuberías, lo que provocaría generación de residuos sólidos (viruta, desperdicios, etc.)
- Soldaduras de tuberías, acompañado de emanación de gases como por ejemplo el monóxido de carbono, óxido de nitrógeno, así también

vapores que contienen mezclas de metales tóxicos (aluminio, cromo, cobre, etc.)

- Instalación de línea, lo que provocaría generación de ruido mientras dure el montaje de la línea de oxígeno.
- Funcionamiento de línea de oxígeno, lo que produciría la disminución de tiempo en el proceso de fundición y por ende la minimización de recursos y de costos, siendo este un impacto positivo para la empresa siderúrgica.

De las actividades o acciones mencionadas anteriormente, se deriva que el componente afectado negativamente es el físico, específicamente en lo que se refiere a la calidad de aire y ruido. En cuanto al aspecto socioeconómico, se vería afectado positivamente en cuanto a una mayor producción de fundición de acero en un tiempo optimizado.

5.3 Metodología aplicada: Matriz de Leopold

La matriz de Leopold fue creada en 1971, desde ese entonces se han realizado algunas modificaciones en esta metodología cualitativa, y que se deriva muchas veces del criterio propio del evaluador. Consiste en una matriz que establece la relación causa-efecto de acuerdo con las características particulares del impacto a evaluar. Esta matriz muestra en una dimensión varias actividades que pueden modificar el ambiente, mientras que en otra dimensión se identifican las variables ambientales que pueden ser afectadas.

5.3.1 Variables a valorar

La valoración sugerida por la metodología considera la calificación de diez variables según nuestra necesidad, que incidirán en la valoración final del impacto analizado. Estas variables son:

- Intensidad (I)
- Extensión (Ex)
- Momento (Mo)
- Persistencia (Pe)
- Reversibilidad (Rv)
- Sinergia (Si)
- Acumulación (Ac)
- Efecto (Ef)
- Periodicidad (Pr)
- Recuperabilidad (Rc)

INTENSIDAD (I): La intensidad considera que tan grave puede ser la influencia del impacto sobre el ambiente afectado.

Tabla 19 Valoración variable intensidad

VALORES			
Variables	1	2	3
Intensidad	Baja	Media	Alta

Fuente: Valoraciones para la matriz de Leopold.

Elaborado por: Los Autores.

EXTENSIÓN (Ex): Esta variable considera la influencia del impacto sobre la delimitación espacial del ambiente afectado. Es decir califica el impacto de acuerdo al tamaño de la superficie o extensión afectada tanto directa como indirectamente.

Tabla 20 Valoración variable extensión

VALORES			
VARIABLES	1	2	3
Extensión	Puntual	Parcial	Extenso

Fuente: Valoraciones para la matriz de Leopold.

Elaborado por: Los Autores.

MOMENTO (Mo): Se considera el tiempo que se demora en presentar la manifestación del impacto sobre el ambiente afectado.

Tabla 21 Valoración variable momento

VALORES			
VARIABLES	1	2	3
Momento	Largo Plazo	Mediano	Inmediato

Fuente: Valoraciones para la matriz de Leopold.

Elaborado por: Los Autores.

PERSISTENCIA (Pe): Es el tiempo durante el cual el impacto mantiene su efecto en el ambiente afectado.

Tabla 22 Valoración variable persistencia

VALORES			
VARIABLES	1	2	3
Persistencia	Fugaz	Temporal	Permanente

Fuente: Valoraciones para la matriz de Leopold.

Elaborado por: Los Autores.

REVERSIBILIDAD (Rv): Esta variable considera la capacidad del sistema de retornar a las condiciones originarias una vez cesada la actividad generadora del impacto.

Tabla 23 Valoración variable reversibilidad

VALORES			
Variables	1	2	3
Reversibilidad	Corto Plazo	Mediano Plazo	Largo Plazo

Fuente: Valoraciones para la matriz de Leopold.

Elaborado por: Los Autores.

SINERGIA (Si): Esta variable es la asociación de dos o más actividades del mismo proyecto para producir un mismo impacto.

Tabla 24 Valoración variable sinergia

VALORES			
Variables	1	2	3
Sinergia	Sin Sinergismo	Sinérgico	Muy Sinérgico

Fuente: Valoraciones para la matriz de Leopold.

Elaborado por: Los Autores.

ACUMULACIÓN (Ac): Se refiere a la posibilidad de incrementar progresivamente al efecto de la acción actual, los efectos de acciones pasadas, presentes y futuras.

Tabla 25 Valoración variable acumulación

VALORES			
VARIABLES	1	2	3
Acumulación	Simple		Acumulativo

Fuente: Valoraciones para la matriz de Leopold.

Elaborado por: Los Autores.

EFFECTO (Ef): En esta variable se considera los efectos realizados por los medios por causa de una acción. Tiene una relación directa.

Tabla 26 Valoración Variable Efecto

Valores			
VARIABLES	1	2	3
Efecto	Indirecto		Directo

Fuente: Valoraciones para la matriz de Leopold.

Elaborado por: Los Autores.

PERIODICIDAD (Pr): Es la regularidad de la manifestación de los impactos sobre el ambiente afectado.

Tabla 27 Valoración variable periodicidad

VALORES			
VARIABLES	1	2	3
Periodicidad	Irregular y Discontinuo	Periódico	Continuo

Fuente: Valoraciones para la matriz de Leopold.

Elaborado por: Los Autores.

RECUPERABILIDAD (Rc): Esta variable es la factibilidad de revertir, disminuir o mitigar el impacto por medios humanos.

Tabla 28 Valoración variable recuperabilidad

VALORES			
Variables	1	2	3
Recuperabilidad	Inmediatamente	Mediano Plazo	Mitigable

Fuente: Valoraciones para la matriz de Leopold.

Elaborado por: Los Autores.

5.3.2 Valoración de impactos

Una vez calificada las diez variables, se procede a calcular el Valor de Impacto identificado. Este valor considera la sumatoria de la relación de la Intensidad (I) por tres; la Extensión (Ex) por dos; el Momento (Mo); la Persistencia (Pe); la Reversibilidad (Rv); la Sinergia (Si); la Acumulación (Ac); el Efecto (Ef); la Periodicidad (Pr) y la Recuperabilidad (Rc), tal como la siguiente expresión matemática:

$$\text{Valor de Impacto} = 3I+2Ex+Mo+Pe+Rv+Si+Ac+Ef+Pr+Rc$$

Se analiza el resultado del Valor del Impacto obtenido mediante la comparación en la siguiente tabla 29, que indicará el nivel de significancia del impacto que se estudia:

Tabla 29 Niveles de impacto

IMPACTO	NOMENCLATURA	VALORACIÓN
IMPACTO ALTO	A	31 - 39
IMPACTO MEDIO	M	22 - 30
IMPACTO BAJO	B	13 - 21

Fuente: Valoraciones para la matriz de Leopold.

Elaborado por: Los Autores.

5.4 Evaluación de impacto

La calidad de aire se verá afectada negativamente por la presencia de gases de soldaduras y al instalar las tuberías por el ruido. En la tabla 30 se valoran las 10 variables antes mencionadas.

Una vez que la línea de oxígeno esté en funcionamiento, se tendrá un impacto positivo en el aspecto socioeconómico en cuanto a su producción, recursos y costos. En la tabla 31 se valoran las 10 variables antes mencionadas.

Tabla 30 Matriz de valoración de impacto negativo: Calidad de aire

VARIABLES	VALORES		
	1	2	3
INTENSIDAD	Baja	Media	Alta
		x	
EXTENSIÓN	Puntual	Parcial	Extenso
	x		
MOMENTO	Largo Plazo	Mediano	Inmediato
			x
PERSISTENCIA	Fugaz	Temporal	Permanente
		x	
REVERSIBILIDAD	Corto Plazo	Mediano Plazo	Largo Plazo
	x		
SINERGIA	Sin Sinergismo	Sinérgico	Muy Sinérgico
		x	
ACUMULACIÓN	Simple		Acumulativo
			x
EFECTO	Indirecto		Directo
			x
PERIODICIDAD	Irregular y Discontinuo	Periódico	Continuo
	x		
RECUPERABILIDAD	Inmediatamente	Mediano Plazo	Mitigable
			x

Fuente: Valoraciones para la matriz de Leopold.

Elaborado por: Los Autores.

Tabla 31 Matriz de valoración de impacto positivo: Mayor producción, reducción de recursos y costos.

VARIABLES	VALORES		
	1	2	3
INTENSIDAD	Baja	Media	Alta
			X
EXTENSIÓN	Puntual	Parcial	Extenso
		X	
MOMENTO	Largo Plazo	Mediano	Inmediato
	x		
PERSISTENCIA	Fugaz	Temporal	Permanente
			x
REVERSIBILIDAD	Corto Plazo	Mediano Plazo	Largo Plazo
	x		
SINERGIA	Sin Sinergismo	Sinérgico	Muy Sinérgico
			x
ACUMULACIÓN	Simple		Acumulativo
			x
EFEECTO	Indirecto		Directo
			x
PERIODICIDAD	Irregular y Discontinuo	Periódico	Continuo
			x
RECUPERABILIDAD	Inmediatamente	Mediano Plazo	Mitigable
			x

Fuente: Valoraciones para la matriz de Leopold.

Elaborado por: Los Autores.

En la tabla 32 se resumen las valoraciones de las variables.

Tabla 32 Resumen de valoración de variables

VARIABLES	VALOR IMPACTO NEGATIVO	VALOR IMPACTO POSITIVO
Intensidad	2	3
Extensión	1	2
Momento	3	1
Persistencia	2	3
Reversibilidad	1	1
Sinergia	2	3
Acumulación	1	3
Efecto	3	3
Periodicidad	1	3
Recuperabilidad	3	3

Fuente: Valoraciones para la matriz de Leopold.

Elaborado por: Los Autores.

Aplicando la fórmula para obtener el total de la valoración, se tiene:

Valor de Impacto negativo = $3(2)+2(1)+3+2+1+2+1+3+1+3$

Valor total de Impacto negativo = 24

Valor de Impacto positivo = $3(3)+2(2)+1+3+1+3+3+3+3+3$

Valor total de Impacto positivo = 33

El valor total de impacto obtenido es 24, de la tabla 29 se establece que el impacto identificado a la calidad de aire, se encuentra encasillado como impacto medio. Mientras que el impacto positivo al aspecto socioeconómico tiene un puntaje de 33 que se encasilla como impacto alto.

5.5 Medidas de Mitigación

Considerando que el impacto a la calidad de aire evaluado es de carácter medio, en la tabla 33 se consideran algunas medidas de mitigación:

Tabla 33 Medidas de mitigación recomendadas

ACTIVIDAD REALIZADA	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	MITIGACION
Soldaduras de tubería	Calidad de aire	Contaminación del aire, gases	Faciales de soldar, guantes, overoles
Ruido de la máquina de corte de tubo	Calidad de aire	Generación de acústica (ruido)	Protectores auditivos
Corte de tubería	Calidad de aire	Contaminación del aire, partículas pequeñas	Mascarilla, gafas protectoras, guantes

Fuente: Información realizado por autores.

Elaborado por: Los Autores.

CONCLUSIONES

De esta investigación aplicada se concluye que:

Se realizó el diseño isométrico de la línea de oxígeno a fin de implementarla en el proceso de fundición de acero en una empresa siderúrgica.

Se determinó las características específicas del proceso de fundición, además se pudo realizar la descripción de una planta siderúrgica y un horno de arco eléctrico.

Se instaló la línea de oxígeno al horno de fundición de acero y se optimizó el tiempo de fundición de 90 minutos a 40 minutos, cumpliendo así con el objetivo propuesto en esta tesis y dando por verdadera la hipótesis planteada de que sí es posible disminuir el tiempo de fundición del acero mediante la inyección de oxígeno en el horno.

Con el tiempo de fundición optimizado en 40 minutos, se pudieron optimizar otras variables como la capacidad del horno de 15 a 25 toneladas, además de tener una potencia eléctrica del horno de 24 kVA que permitió que el tiempo de operación sea más rápido y por ende las pérdidas por radiación y consumo de energía por tonelada serán menores.

Se evidenció el incremento de producción de fundición del acero de 10 a 37,5 ton/hora, lo que beneficia tanto en costos como en recursos a la empresa siderúrgica.

Se identificaron dos impactos, uno negativo en el componente físico en cuanto a la calidad de aire (gases de soldaduras y ruido) y el otro positivo en el aspecto socioeconómico en cuanto a mayor producción, reducción de recursos y costos.

Se evaluaron los impactos identificados por la implementación de una línea de oxígeno en el proceso de fundición de acero, concluyéndose que el impacto negativo se encasilla en impacto medio, mientras que el positivo se localiza como impacto alto.

Los impactos negativos durante el montaje son de carácter puntual y temporal, siendo estos mitigables, mientras que el impacto positivo será de gran beneficio en cuanto al aspecto socioeconómico.

RECOMENDACIONES

Los autores, recomiendan:

Ejecutar las correspondientes inspecciones de mantenimiento a las tuberías instaladas según el cronograma establecido.

Proceder de manera periódica respetando el cronograma establecido las respectivas pruebas hidrostáticas y de espesor de las tuberías internas del equipo.

Realizar de manera permanente las pruebas de calidad a los materiales obtenidos para verificar el cumplimiento de los estándares establecidos en la norma.

Utilizar prendas de protección personal para realizar las diferentes actividades de trabajo.

Reportar todos los incidentes ocurridos en el área para minimizar los riesgos.

Realizar un estudio sobre los incidentes considerados de alto potencial para evitar que se vuelva a repetir y así poder corregir procedimientos que permitan reducir los riesgos.

Efectuar capacitaciones y entrenamiento que demanden todas las actividades del área para asegurar una operación efectiva y eficiente que permita ser un ejemplo de productividad.

Llevar a cabo evaluaciones sobre las tareas que realiza el personal del área para determinar aquellas que sean consideradas como críticas para

precisar los procedimientos más adecuados con la finalidad de determinar todas las seguridades que la operación requiera.

Realizar evaluaciones al personal del área en las pruebas y análisis de las posibles enfermedades ocupacionales para prevenirlas.

BIBLIOGRAFIA

Asamblea Nacional, 2008. Constitución de la República del Ecuador. Corporación de Estudios y Publicaciones .Montecristi, 2008.

Asamblea Nacional, 2008. Ley de Gestión Ambiental – Ley NO. 37. RO/ 245 de 30 de Julio de 1999.

Asamblea Nacional, 2008. Ley de Prevención y Control de Contaminación Ambiental – Ley NO: 37. - Disposición General Segunda, RO/ 245 de 30 de Julio de 1999.

Cacua Madero, K. P., & Herrera Múnera, B. A. 2013. Combustión con aire enriquecido con oxígeno: una técnica para incrementar la eficiencia energética. Ingeniería y Universidad, 17(2), 463-482.

Chiquito Guamanquispe Leonardo, 2006. Diseño de un sistema de extracción de humos y polvos secundarios para el proceso de producción de acero mediante Horno de arco eléctrico. Tesis de grado Ingeniería Mecánica- ESPOL.

Genoud Juan Carlos, 2011. Conocimiento de los metales. Disponible en: <http://eet466savio.webcindario.com/catedras/conmateriales/bloque3.pdf>.

Fundación Natura, 1991. Potencial Impacto Ambiental de las Industrias en el Ecuador. La Industria Siderúrgica. Pág. 381.

KISH, Leslie, 1982. Muestreo de encuestas, Tercera reimpresión, México, Trillas.736 p.

Munich Lourdes; Ángeles Ernesto, 1990. Métodos y Técnicas de investigación. Segunda edición. México: Trillas. 166 p

Rodríguez Salvador, 2008. Tamaño de la muestra aplicada a la investigación. Monografía Trabajo No. 60. México D.F.

AGA, "Gas Handbook", Sweden 1985

ANEXOS

ANEXO 1. NORMATIVA APLICABLE A TESIS.

Norma ecuatoriana colores de las tuberías INEN 440

Norma INEN 440-Primera Revisión 1984 – 04, sobre colores de identificación de tuberías, define los colores, significado y aplicación, que deben usarse para identificar tuberías que transportan fluido.

Disposiciones generales

Clasificación de los fluidos

Los fluidos transportados por tuberías se dividen, para efectos de identificación, en Diez categorías, a cada una de las cuales se le asigna un color específico, según la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de fluidos según Norma INEN 440

FLUIDO	CATEGORIA	COLOR
AGUA	1	VERDE
VAPOR DE AGUA	2	GRIS PLATA
AIRE Y OXIGENO	3	AZUL
GASES COMBUSTIBLES	4	AMARILLO OCRE
GASES NO COMBUSTIBLES	5	AMARILLO OCRE
ACIDOS	6	ANARANJADO
ALCALIS	7	VIOLETA
LIQUIDOS COMBUSTIBLES	8	CAFÉ
LIQUIDOS NO COMBUSTIBLES	9	NEGRO
VACIO	0	GRIS

AGUA O VAPOR CONTRA INCENDIOS	-	ROJO DE SEGURIDAD
GLP (GAS LICUADO DE PETROLEO)	-	BLANCO

Colores de identificación

Definición

Los colores de identificación para tubería se definen en la tabla 2, en función de las Coordenadas cromáticas CIE y el factor de luminancia (B), y se incluye una muestra de cada color.

Aplicación de los colores de identificación

El color de identificación indica la categoría a la que pertenece el fluido conducido en la tubería. Se aplicará según una de las modalidades:

Sobre la tubería en su longitud total.

Sobre la tubería como banda (mínimo 150 mm de longitud dependiendo del diámetro del tubo).

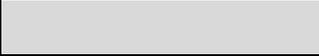
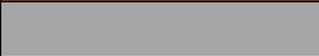
La aplicación del color puede efectuarse por pintado o mediante bandas adhesivas alrededor del tubo.

En caso de usarse bandas, el color decorativo o protector de la tubería no deberá ser ninguno de los colores de identificación.

En caso de no pintarse la tubería totalmente, las bandas con el color de identificación deberían situarse en todas las uniones a ambos lados de las

válvulas, en dispositivos de servicio, tapones, penetraciones en paredes y otros sitios donde tenga sentido la identificación del fluido.

TABLA 2. DEFINICIÓN DE LOS COLORES DE IDENTIFICACIÓN

COLOR	MUESTRA
VERDE	
GRIS PLATA	
CAFÉ	
AMARILLO OCRE	
VIOLETA	
AZUL	
ANARANJADO	
GRIS	

El cuerpo y órganos de accionamiento de las válvulas pueden pintarse también con el color de identificación.

Identificaciones de código

El fluido transportado por una tubería queda identificado por el color, en cuanto a la Categoría y por el nombre del fluido

Adicionalmente se podrá identificar el fluido mediante:

a) fórmula química

b) número de identificación según la Tabla 3

El número de identificación de la Tabla 3 consta del número que indica la categoría de fluido y además especifica con la segunda cifra la naturaleza exacta del fluido. La numeración a continuación del punto podrá ampliarse en caso de necesidad interna de cada usuario. Deberá, sin embargo, respetarse los significados ya asignados a los números que se incluyen en la Tabla 3.

TABLA 3 Números característicos para identificación de fluidos en tuberías

No.	CLASE DE FLUIDO
1	AGUA
1.0	Agua potable
1.1	Agua impura
1.3	Agua utilizable, agua limpia
1.4	Agua destilada
1.5	Agua a presión, cierre hidráulico
1.6	Agua de circuito
1.7	Agua pesada
1.8	Agua de mar
1.9	Agua residual
1.10	Agua de condensación
2	VAPOR DE AGUA
2.0	Vapor de presión nominal hasta 140 kPa Con indicación de la
2.1	Vapor saturado de alta presión presión y/o de la
2.2	Vapor recalentado de alta presión temperatura
2.3	Vapor de baja presión
2.4	Vapor sobrecalentado
2.5	Vapor de vacío (con presión absoluta)
2.6	Vapor en circuito

2.9	Vapor de descarga
3	AIRE Y OXIGENO
4	GASES COMBUSTIBLES INCLUSO GASES LICUADOS
4.0	Gas de alumbrado
4.1	Acetileno
4.2	Hidrogeno y gases conteniendo ½
4.3	Hidrocarburos y sus derivados
4.4	Monóxido de carbono y gases conteniendo CO
4.5	Gases de mezcla (gases técnicos)
4.6	Gases Inorgánicos, NH3; H2S
4.7	Gases calientes para fuerza motriz
4.8	Gas licuado de petróleo (GLP) (ver nota 1)
4.9	Gases de escape combustible
5	GASES NO CUMBUSTIBLES INCLUSO GASES LICUADOS
5.0	Nitrógeno y gases conteniendo nitrógeno
5.1	Gases inertes
5.2	Dióxido de carbono y gases conteniendo CO2
5.3	Dióxido de azufre y gases conteniendo SO2
5.4	Cloro y gases conteniendo cloro
5.5	Otros gases inorgánicos
5.6	Mezclas de gases
5.7	Derivados de hidrocarburos (halogenados y otros
5.8	Gases de calefacción no combustibles
5.9	Gases de escape no combustibles
6	ACIDOS
6.0	Ácido sulfúrico
6.1	Ácido clorhídrico

6.2	Ácido nítrico
6.3	Otros ácidos inorgánicos
6.4	Ácidos orgánicos
6.5	Soluciones salinas ácidas
6.6	Soluciones oxidantes
6.9	Descarga de soluciones ácidas
7	ALCALIS
7.0	Sosa cáustica
7.1	Agua amoniacal
7.2	Potasa cáustica
7.3	Lechada de cal
7.4	Otros líquidos inorgánicos alcalinos
7.5	Líquidos orgánicos alcalinos
7.9	Descarga de soluciones alcalinas

El número característico es en todo caso el 4.8.

8	LIQUIDOS COMBUSTIBLES
8.0	VER NOTA 2
8.1	
8.2	
8.3	
8.4	Grasas y aceites no comestibles
8.5	Otros líquidos orgánicos y pastas
8.6	Nitroglicerina
8.7	Otros líquidos; también metaleslíquidos
8.8	Grasas y aceites comestibles
8.9	Combustibles de descarga
9	LIQUINOS NO COMBUSTIBLES

9.0	Alimentos y bebidas líquidas
9.1	Soluciones acuosas
9.2	Otras soluciones
9.3	Maceraciones acuosas (malta remojada)
9.4	Otras maceraciones
9.5	Gelatina (cola)
9.6	Emulsiones y pastas
9.7	Otros líquidos
9.9	Descarga no combustible
0	VACIO
0.0	Vacío industrial de presión atmosférica a 600 Pa
0.1	Vacío técnico - de 600 Pa a 0.133 Pa
0.2	Alto vacío- Inferior a 0.133 Pa

NOTA 2. Números característicos reservados para líquidos inflamables cuya clasificación se establece en la Norma INEN 1076.

Indicaciones adicionales

En caso pertinente, deberán identificarse, además, las siguientes características del fluido transportado o de las tuberías:

- a) presión en pascales,
- b) temperatura en grados centígrados
- c) otros parámetros propios del fluido (acidez, concentración, densidad, etc.)
- d) radiactividad, mediante el símbolo normalizado (ver INEN 439)

e) Peligro biológico, mediante el símbolo normalizado (ver INEN 439)
Ruptura de vacío

f) Otros riesgos, mediante símbolos y colores de seguridad normalizada, (inflamabilidad, baja altura de la tubería, toxicidad, etc.) (Ver INEN 439)

Aplicación de indicaciones de código e indicaciones adicionales

La señalización de las indicaciones de código según 4.3 y las indicaciones adicionales según 4.4 se efectuarán, según convenga, de acuerdo a una de las modalidades siguientes:

a) sobre la tubería

b) sobre placas rectangulares o cuadradas adosadas a la tubería, normalizadas por el INEN o modificadas según figura 1. (Ver Norma INEN 838).

ANEXO 2. Encuesta aplicada al personal que trabaja en el área de fundición de acero

Objetivo: Determinar el grado de conocimiento sobre la implementación de la línea de oxígeno en el horno de fundición para optimizar el proceso.

1. ¿Conoce usted si el horno de arco eléctrico trabaja con o sin oxígeno?

Sin oxígeno

Con oxígeno

2. ¿Tiene conocimiento usted de algún estudio anterior para optimizar algún proceso de la empresa.

SI

NO

3. ¿Considera necesario usted instalar una línea de oxígeno al horno de fundición de acero?

SI

NO

4. ¿Cree usted que una vez que se instale la línea de oxígeno, el tiempo de fundición será menor?

SI

NO

5. ¿Conoce usted si existe en la empresa, personal técnico que pueda instalar una línea de oxígeno en el horno de fundición?

SI

NO

6. ¿Cree usted que al implementar una nueva línea de oxígeno en el proceso de fundición de acero podría causar algún impacto ambiental significativo?

SI

NO

7. ¿Qué medida de mitigación de impactos, cree usted que es más importante en las actividades a realizar para la instalación de la línea de oxígeno en el horno de fundición de acero?

Usar equipos de protección auditiva.

Usar prendas de protección (gafas, casco, ovelores. Guantes, etc.).

Mantenimiento de equipos a utilizar