

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 1 de 7

26.

FECHA	miércoles, 30 de mayo de 2018
--------------	-------------------------------

Señores
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
 BIBLIOTECA
 SOACHA

UNIDAD REGIONAL	Extensión Soacha
TIPO DE DOCUMENTO	Trabajo De Grado
FACULTAD	Ingeniería
NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO	Pregrado
PROGRAMA ACADÉMICO	Ingeniería Industrial

El Autor(Es):

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS	No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN
CALDERON MEJIA	DEISY ALEJANDRA	1110263073
CORCHUELO BURGOS	YULIEH VIVIANA	1024553460

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
 www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 2 de 7

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS
VASQUEZ OCHOA	LEIDER ALEXANDRA

TÍTULO DEL DOCUMENTO
REDISEÑO DE UN HORNO FUNDIDOR DE PLOMO (Pb) QUE CONTRIBUYA A LA DISMINUCIÓN DE LOS RIESGOS LABORALES Y AMBIENTALES EN EMPRESAS DE BATERÍAS ÁCIDO- PLOMO DE SOACHA CUNDINAMARCA

SUBTÍTULO (Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)

TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía
Ingeniero industrial

AÑO DE EDICIÓN DEL DOCUMENTO	NÚMERO DE PÁGINAS
30/05/2018	100

DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (Usar 6 descriptores o palabras claves)	
ESPAÑOL	INGLÉS
1. Plomo	Lead
2. Tratamiento de desechos	Waste treatment
3. Modelo de simulación	Simulation models
4. Contaminación atmosférica	Air pollution
5. Fusión	Melting
6. Enfermedad	Diseases

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*



MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
	PAGINA: 3 de 7

RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS

(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

RESUMEN: El reciclaje de baterías de ácido-plomo usadas ha proporcionado una amplia recolección de plomo secundario en el mundo, aportando un cuidado del medio ambiente por medio de herramientas que proporcionen una mayor recuperación; como los hornos de fundición tipo cubilote siendo uno de los más productivos y económicos del mercado pero por su alta contaminación atmosférica se han considerado obsoletos.

En el municipio de Soacha y sus alrededores se hallan diferentes industrias que se dedican a este tipo de actividad, operando con hornos cubilotes en su mayoría artesanales y de manera informal infringiendo la normatividad exigida al generar polución; lo cual se evidencia en la empresa Recuperación de Metales S.A, en donde se llevó a cabo la investigación principalmente en el horno de fundición; por medio de herramientas de diagnóstico, como listas de chequeo, el estudio de factores y el registros fotográfico encontrando falencias en la empresa y en el horno actual. Como resultado se establecieron herramientas para el control de los contaminantes a nivel atmosférico e industrial a través del método DIETER, dando origen a una modelación en 3D, identificando las herramientas y materiales necesarios para este, los cuales se seleccionaron por medio de una combinación del método tradicional, gráfico y la ayuda de bases de datos, quienes contribuyeron a determinar las matrices de decisión estableciendo una proyección de costos. El resultado se prevé un horno con mecanismos de cargue y manejo de contaminantes, que beneficie al personal que labora, las comunidades y la economía de la empresa.

ABSTRACT: The recycling of used lead-acid batteries has provided a wide collection of secondary lead in the world, providing a caring for the environment by means of tools that provide a greater recovery; as the smelting furnaces type cupola is one of the most productive and economic market, but by their high air pollution been considered obsolete.

In the municipality of Soacha and its surroundings are different industries that engage in this type of activity, operating mostly handcrafted cupola furnaces and in an informal way infringing the regulations required to generate pollution; which is evidenced in the company recovery of metals S.A, where research was conducted mainly in the melting furnace; using diagnostic tools, such as lists of check-up, the study of factors and the records photographic finding flaws in the enterprise and in the current oven. As result were established tools for the control of pollutants to atmospheric and industrial level through the DIETER method, giving rise to a 3D modelling, identifying tools and materials needed for this, which is they were selected through a combination of traditional, graphical method and support of



MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
	PAGINA: 4 de 7

databases, who helped determine the decision matrices by setting a projection of costs. The result is expected to a furnace with mechanisms of charge and management of pollutants, that benefits the staff working, communities and economy of the company.

AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son: Marque con una "X":

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	X	
2. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet.	X	
3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	X	
4. La inclusión en el Repositorio Institucional.	X	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.



MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
	PAGINA: 5 de 7

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

NOTA: (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

Información Confidencial:

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado.

SI ___ NO X.

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.



MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
	PAGINA: 6 de 7

LICENCIA DE PUBLICACIÓN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).

b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.

c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.



MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
	PAGINA: 7 de 7

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el “Manual del Repositorio Institucional AAAM003”

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



Nota:

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.



La obra que se integrará en el Repositorio Institucional, está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. PerezJuan2017.pdf)	Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)
1. Rediseño de un horno fundidor de plomo (Pb) que contribuya a la disminución de los riesgos laborales y ambientales en empresas de baterías ácido- plomo de Soacha Cundinamarca.pdf	Texto
2. Entrada.pdf	Imagen
3. Horno actual.pdf	Imagen
4. Mecanismo.pdf	Imagen
5. Olla de fundición.pdf	Imagen
6. Puerta de cargue.pdf	Imagen
7. Tubería.pdf	Imagen
8. Puerta de cargue actual.pdf	Imagen
9. Apoyos.pdf	Imagen
10. Chimenea.pdf	Imagen
11. Cilindro de cargue actual.pdf	Imagen
12. Cilindro de fundición.pdf	Imagen
13. Cilindro de cargue.pdf	Imagen
14. Motor.pdf	Imagen

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS	FIRMA (autógrafa)
CALDERON MEJIA DEISY ALEJANDRA	
CORCHUELO BURGOS YULIETH VIVIANA	VIVIANA CORCHUELO BURGOS

12.1.50

REDISEÑO DE UN HORNO FUNDIDOR DE PLOMO (Pb) QUE CONTRIBUYA A
LA DISMINUCIÓN DE LOS RIESGOS LABORALES Y AMBIENTALES EN
EMPRESAS DE BATERÍAS ÁCIDO- PLOMO DE SOACHA CUNDINAMARCA.

Yulieth Viviana Corchuelo Burgos
Deisy Alejandra Calderón Mejía



Programa de Ingeniería Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de Cundinamarca
Soacha, 2018

REDISEÑO DE UN HORNO FUNDIDOR DE PLOMO (Pb) QUE CONTRIBUYA A
LA DISMINUCIÓN DE LOS RIESGOS LABORALES Y AMBIENTALES EN
EMPRESAS DE BATERÍAS ÁCIDO- PLOMO DE SOACHA CUNDINAMARCA.

Yulieth Viviana Corchuelo Burgos
Deisy Alejandra Calderón Mejía

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniero industrial

Director: Leider Alexandra Vásquez Ochoa
Químico Industrial
Msc. Ciencias Biológicas



Programa de Ingeniería Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de Cundinamarca
Soacha, 2018

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Soacha, Cundinamarca de 2018

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado principalmente a Dios por darnos fuerza para seguir en este camino. A nuestros padres por ser un apoyo incondicional durante nuestra vida. A nuestros hermanos por la ayuda brindada y a todas las demás personas que han aportado a nuestra vida.

AGRADECIMIENTOS

Le doy gracias a mis padres Esperanza Burgos S. y Luis Corchuelo G. por ser mi apoyo en todo momento, por los valores y principios que me han inculcado, y por darme la oportunidad de tener una excelente educación durante el transcurso de mi vida. Por ser un excelente ejemplo de vida. A mis hermanos por ser parte importante y estar para mí en cada momento.

También le agradezco a Dios por haberme guiado a lo largo de mi carrera y de mi vida, por ser mi fortaleza en tiempos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Y sobre todo le agradezco la confianza, apoyo y dedicación a la docente Leider Alexandra Vásquez Ochoa por haber compartido sus conocimientos a lo largo de mi carrera y durante este proceso y a la docente Diana Karina López Carreño por hacer parte importante del desarrollo de mi carrera.

A Alejandra por ser una parte importante de mi vida por el apoyo recibido desde el día que la conocí por ser más que una amiga ser como una hermana. Por todos los consejos y el apoyo recibido en los momentos difíciles de mi vida y por tener la paciencia necesaria para seguir adelante en los momentos de desesperación y frustración durante nuestra carrera.

A mis amigos por haber hecho de mi etapa universitaria un trayecto de vivencias y experiencias que nunca olvidaré.

Yulieth Viviana.

Le doy gracias a mis padres Sandra Deysi Mejía S y Pedro Antonio Calderón B, por toda la paciencia, dedicación y esfuerzo que han tenido en el transcurso de mi vida, agradezco por toda la ayuda y enseñanzas que me han otorgado, por todas las posibilidades que me brindaron de obtener siempre lo mejor, por la educación que me inculcaron y sobre todo por el carácter que forjaron en mí.

Agradezco a mi hermana Sandra Catalina Calderón M, por acompañarme en los momentos de dispersión y dolor, por motivarme a seguir y cumplir con mis metas y ser una impulsora de sueños y un gran reflejo de lo que es una excelente persona. Agradezco a la profesora Leider Alexandra Vásquez Ochoa, por todos sus conocimientos y experiencias inculcados en el transcurso de la carrera en donde nos enseñó no solo a ser profesionales sino ser verdaderas personas, agradezco por su paciencia, dedicación y tolerancia que nos brindó en el transcurso del desarrollo de este proyecto.

A mis compañeros y amigos que brindaron su tiempo, apoyo, experiencia y gran cantidad de risas y dulces momentos.

Finalmente agradezco a Yulieth Viviana Corchuelo B, por ser mi compañera de vida, por estar siempre a mi lado en momentos de soledad, discusiones y errores, por enseñarme lo que es una verdadera amistad y estar incondicional a cualquier suceso que pase, por todos sus consejos y regaños y por convertirse en mi segunda hermana.

Deisy Alejandra

TABLA DE CONTENIDO

1. GLOSARIO.....	13
2. RESUMEN	15
3. ABSTRAC	16
4. INTRODUCCIÓN	18
5. CAPITULO I	20
5.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	20
5.2 OBJETIVOS.....	24
5.2.1 Objetivo general	24
5.2.2 Objetivos específicos	24
5.3 JUSTIFICACIÓN.....	25
6. CAPITULO II	27
6.1 ANTECEDENTES.....	27
6.2 MARCO TEÓRICO.....	30
6.2.1 BATERÍA ACIDO-PLOMO	30
6.2.1.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS BATERÍAS DE PLOMO ÁCIDO. 30	
6.2.1.2 RIESGOS	31
6.2.2 HORNOS PARA FUNDICION	32
6.2.2.1 LOS HORNOS DE INDUCCIÓN	32
6.2.2.2 HORNO DE CRISOL	33
6.2.2.3 HORNO CUBILOTE	33
6.2.2.3.1 CONSTRUCCIÓN DE UN CUBILOTE	34
6.2.2.3.2 ESTRUCTURA DEL HORNO	35
6.2.3 MATERIAL REFRACTARIO	37
6.2.4 LADRILLO REFRACTARIO	37
6.2.5 MORTERO REFRACTARIO	40
6.2.6 CABLE	40
6.2.6.1 SELECCIÓN DEL CABLE ADECUADO	41
6.2.6.1.1 CAPACIDAD DE CARGA ADECUADA	41
6.2.6.1.2 RESISTENCIA A LA FATIGA	42
6.2.6.1.3 RESISTENCIA A LA ABRASIÓN	42

6.2.6.1.4	RESISTENCIA A LA CORROSIÓN	42
6.2.6.1.5	RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO	43
6.2.7	TUBERIA	43
6.2.8	MÉTODO PARA EL DESARROLLO DEL DISEÑO.....	44
6.2.8.1	METODO DIETER.....	44
6.1.8.1.1.	FASE 1. RECONOCER LA NECESIDAD.....	44
6.1.8.1.2.	FASE 2. DEFINIR EL PROBLEMA.....	44
6.1.8.1.3.	FASE 3. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	44
6.1.8.1.4.	FASE 4. CONCEPTUALIZACIÓN.....	45
6.1.8.1.5.	FASE 5. EVALUACIÓN	45
6.1.8.1.6.	FASE 6. COMUNICACIÓN DEL DISEÑO.....	45
6.1.9.	FACTORES BÁSICOS A CONSIDERAR EN LA SELECCIÓN DE MATERIALES	45
6.1.9.1.	MÉTODOS PARA LA SELECCIÓN DE MATERIALES.....	46
6.1.9.1.1.	MÉTODO TRADICIONAL	46
6.1.9.1.2.	MÉTODO GRÁFICO	47
6.1.9.1.3.	MÉTODO CON LA AYUDA DE LA BASE DE DATOS	48
6.2.	MARCO CONCEPTUAL.....	48
6.2.8.	PLOMO.....	48
6.2.9.	ESCORIA.....	49
6.2.9	FILTRO MANGA.....	49
6.2.10	DEPURADORES DE GASES.....	49
6.2.10.	REVESTIMIENTO.....	49
6.2.11.	DILATACIONES DE METAL.....	50
6.2.12.	COQUE.....	50
6.2.13.	SOLERA.....	50
6.2.14.	ALAMBRE DE ACERO	50
6.3.	MARCO LEGAL.....	51
6.3.8.	DECRETO 948 DE 1995.....	51
6.3.9.	RESOLUCION 189 DE 1994	52
6.3.10.	RESOLUCION 2115 DE 2007	53
6.3.11.	RESOLUCIÓN 909 DEL 5 de junio de 2008	53
6.3.12.	DECRETO 2150 de 1995	53

6.2.11	RESOLUCION 619 DE 1997.....	53
6.3	METODOLOGIA.....	54
6.3.1	ZONA DE ESTUDIO.....	54
6.3.2	ASPECTOS AMBIENTALES.....	55
6.3.3	REDISEÑO.....	55
6.3.4	MATERIALES.....	56
6.3.5	PROYECCIÓN DE COSTOS.....	57
6.4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	57
6.4.1	ASPECTOS AMBIENTALES.....	57
6.4.1.1	ATMOFERICOS.....	57
6.4.1.2	AGUA.....	59
6.4.1.3	ASPECTOS OCUPACIONALES.....	61
6.4.1.4	ESTADO ACTUAL DEL HORNO.....	62
6.4.1.4.1	CILINDRO DE CARGUE Y CHIMENEA.....	64
6.4.1.4.2	CILINDRO DE FUNDICIÓN.....	66
6.4.1.4.3	APOYO.....	67
6.4.1.4.4	OLLA DE FUNDICIÓN.....	68
6.4.2	REDISEÑO.....	71
6.4.2.1	TUBERIA DE ESCAPE DE GASES.....	73
6.4.2.2	CHIMENEA.....	74
6.4.2.3	CILINDROS DE CARGUE.....	76
6.4.2.4	PLANCHA INCLINADA DE CARGUE.....	76
6.4.2.5	PUERTA DE CARGUE.....	77
6.4.2.6	REVESTIMIENTO.....	77
6.4.2.7	OLLA.....	78
6.4.2.8	MECANISMO DE CARGUE.....	79
6.4.3	SELECCIÓN DE MATERIALES.....	81
6.4.3.1	MATERIALES REFRACTARIOS.....	81
6.4.3.2	LAMINAS DE ACERO.....	82
6.4.3.3	MORTERO REFRACTARIO.....	83
6.4.3.4	CABLE DE ACERO.....	83
6.4.3.5	PERRO DE GUAYA.....	85
6.4.3.6	TUBERÍA DE GASES.....	86

6.4.3.7	MOTOR	86
6.4.3.8	BURLETES O BAJOTIERRAS	88
6.4.4	PROYECCION DE COSTOS	89
6.4.4.1	LADRILLO REFRACTARIO REVESTIMIENTOS	89
6.4.4.2	LADRILLOS REFRACTARIAS OLLA	89
6.4.4.3	CEMENTO REEFRACTARIO	90
6.4.4.4	PROYECCION DE COSTOS.....	90
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONEs.....	93
7.1	CONCLUSIONES.....	93
7.2	RECOMENDACIONES.....	95
8.	ANEXOS	96
9.	BIBLIOGRAFIA	96

Lista de tablas

Tabla 1. Parámetros para la construcción de un cubilote	34
Tabla 2 Análisis de Distancias	58
Tabla 3. Cambios y factores del rediseño	71
Tabla 4. Dimensiones y pesos de la lámina lisa galvanizada	82
Tabla 5. Características cable alma de acero	84
Tabla 6. Tipo de motores de corriente alterna	87
Tabla 7. Tipo de burletes	88
Tabla 8. Precio Hornos	91
Tabla 9. Presupuesto.....	92

Lista de ilustraciones

Ilustración 1. Componentes y estructura interna de los acumuladores de plomo convencionales. _____	31
Ilustración 2. Esquema estructura de un cubilote _____	36
Ilustración 3. Mapa de Soacha (Vereda Panamá) _____	54
Ilustración 4. Recorrido rio Soacha _____	59
Ilustración 5. Cause Rio Soacha Vereda Panamá _____	61
Ilustración 6. Modelación horno cubilote actual _____	63
Ilustración 7. Relleno de vías vereda panamá _____	64
Ilustración 8. Desviación del Horno A y B _____	65
Ilustración 9. Cilindro de fundición _____	66
Ilustración 10. Patas o Apoyos A y B _____	68
Ilustración 11. Olla de fundición _____	69
Ilustración 12. Carro de la olla _____	70
Ilustración 13. Fuga olla- cilindro de fundición _____	70
Ilustración 14. Hornos A, B, C _____	73
Ilustración 15. Tubería escape de gases _____	74
Ilustración 16. Conexión tubería rediseño _____	75
Ilustración 17. Olla Rediseño _____	78
Ilustración 18. Mecanismo Rediseño _____	80
Ilustración 20. Como empalar cables _____	85

1. GLOSARIO.

- **Alma.** El alma es el elemento central del cable de acero, que puede ser de fibra o acero, sobre el cual están torcidos helicoidalmente los torones. Una de las funciones del alma es la de proveer soporte a los torones del cable cuando éste se encuentra en operación y condiciones de carga.
- **CAR.** Las Corporaciones Autónomas Regionales tendrán por objeto la ejecución de las políticas, planes, programas y proyectos sobre medio ambiente y recursos naturales renovables, así como dar cumplida y oportuna aplicación a las disposiciones legales vigentes sobre su disposición, administración, manejo y aprovechamiento, conforme a las regulaciones, pautas y directrices expedidas por el MAVDT.
- **Contaminación antropogénica.** es aquella producida por los humanos, alguna de las más importantes son Industriales. Según el tipo de industria se producen distintos tipos de residuos, las más peligrosas son las que producen contaminantes más peligrosos, como metales tóxicos.
- **DILATACIONES DE METAL.** es el aumento de la longitud, la superficie o el volumen de un cuerpo a causa de la separación de sus moléculas por la disminución de su densidad o el aumento de temperatura. Las dilataciones del metal en el proceso de fundición se encuentran principalmente en la expansión de la lámina por la cercanía a las elevadas temperaturas del proceso, lo cual si no es controlado traerá como efecto su quiebre, provocando fugas y grandes niveles de exposición y contaminación.
- **EIPS.** Acero arado extra mejorado
- **FIDH:** federación internacional de derechos humanos.

- **IPS.** Acero arado mejorado

- **MMA:** Ministerio del medio ambiente.

- **Mortero.** Conglomerado o masa constituida por arena, conglomerante y agua, que puede contener además algún aditivo.
- **Saturnismo.** Enfermedad crónica producida por la intoxicación ocasionada por las sales de plomo.

- **OMS.** La Organización Mundial de la Salud es el organismo de la Organización de las Naciones Unidas especializado en gestionar políticas de prevención, promoción e intervención en salud a nivel mundial
- **Pirolisis.** se define como la descomposición térmica del carbón en una atmósfera exenta de oxígeno.

- **Polución.** Contaminación intensa y dañina del agua o del aire, producida por los residuos de procesos industriales o biológicos.

- **Torón.** El torón de un cable se forma por el enrollamiento helicoidal de un número determinado de alambres alrededor de un elemento central. A cada número y disposición de los alambres se le conoce como construcción. Así es como se van designando las diferentes construcciones de los cables.

NOTA: Algunos de los términos anteriores son tomados textualmente del diccionario de la real academia de la lengua española y el restante de diferentes paginas consultadas debido a que su terminología es muy precisa.

2. RESUMEN

El reciclaje de baterías de ácido-plomo usadas ha proporcionado una amplia recolección de plomo secundario en el mundo, aportando un cuidado del medio ambiente por lo que se han venido estableciendo herramientas que proporcionen una mayor recuperación; como es el caso de los hornos de fundición tipo cubilote siendo uno de los más productivos y económicos del mercado pero por su alta contaminación atmosférica se han considerado obsoletos lo que ha llevado a la obtención de nuevos modelos como lo son, el rotatorio y el de inducción que debido a sus elevado costo, ha fomentado un aumento en la utilización y fabricación de hornos cubilotes artesanales lo que conlleva a prácticas inadecuadas, originando trastornos graves en la salud tanto de los trabajadores como de las comunidades aledañas y el medio ambiente.

En el municipio de Soacha y sus alrededores se hallan diferentes industrias que se dedican a este tipo de actividad y que operan con hornos cubilotes en su mayoría artesanales y de manera informal infringiendo la normatividad exigida al generar partículas contaminantes; lo cual se evidencia en la empresa Recuperación de Metales S.A, en donde se llevó a cabo la investigación principalmente en el horno de fundición; por medio de herramientas de diagnóstico, como listas de chequeo la cual se construyó a partir de los principales parámetros de diseño y operación de un horno cubilote, el estudio de factores donde se identifican las posibles zonas afectadas por la fundición y el registros fotográfico como soporte a las falencias encontradas en la empresa y en el horno actual, proporcionando la información necesaria para ejecutar el rediseño. Como resultado se establecieron diferentes mecanismos y herramientas para el control de los contaminantes a nivel atmosférico e industrial a través del método DIETER en donde se adaptan las fases para el rediseño de un horno dando origen a una modelación en 3D, lo que permite comparar los dos diseños, e identificar las herramientas y materiales necesarios

para este, los cuales se seleccionaron por medio de una combinación y adaptación del método tradicional, gráfico y la ayuda de bases de datos, quienes contribuyeron a determinar las matrices de decisión permitiendo la ejecución de una proyección de costos. El resultado se prevé un horno con mecanismos de cargue y manejo de contaminantes, que beneficie en gran proporción al personal que labora, las comunidades a su alrededor y la economía de la empresa.

PALABRAS CLAVES: Rediseño, Horno, Reciclaje, Batería Acido-Plomo, Ambiente.

3. ABSTRAC

The recycling of acid batteries has been an alternative to the collection of secondary lead in the world, providing a care for the environment so we have been establishing tools that provided greater recovery; As is the case of cubic-type cast-iron furnaces, it is one of the most economical products on the market but due to its high air pollution, it has been considered obsolete which has led to new models such as the son, the rotary and the induction that, due to a high cost, has fostered an increase in the use and manufacture of artisanal cupola kilns, which leads to improper practices, causing health problems for both workers and surrounding communities and the environment.

In the municipality of Soacha and its surroundings there are different industries that are dedicated to this type of activity and that operate with Cuban kilns, mostly handmade and in an informal way, in violation of the regulations required to generate contaminants; This is evidenced in the company Recovery of Metals S.A, where the research was carried out mainly in the smelting furnace; by means of diagnostic

tools, such as checklists that were built from the parameters of design and operation of a cupola furnace, the study of factors that identify the possible areas affected by the foundry and the photographic records as support for the Failures found in the company and in the current furnace, the information necessary to carry out the redesign. The result can be combined with tools and tools for the control of pollutants at atmospheric and industrial level through the DIETER method where the phases for the redesign of a furnace are adapted, which are derived to a 3D modeling, which allows to compare the two designs, and identify the tools and materials needed for this, those that were selected through a combination and adaptation of the traditional method, the graph and the help of the databases, who contributed with the decision matrixes allowed the execution of a projection of costs. The result is an oven with the means of loading and handling of pollutants, which greatly benefits the staff that works, the communities around it and the economy of the company

KEY WORDS: Redesign, Oven, Recycling, Acid-Lead Battery, Environment.

4. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha generado un gran crecimiento del nivel de Plomo (Pb) en el ambiente, como resultado de numerosas actividades antropogénicas tales como la minería, la fabricación de pinturas, la combustión de gasolina así como el reciclaje de baterías ácido-plomo. Las baterías usadas son consideradas residuos peligrosos según la resolución 0372-2009 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Siendo el reciclaje de estos residuos una alternativa sobre el almacenamiento o incineración debido a que el porcentaje de metal útil puede establecerse en torno al 85 %. (OMS, 2017)

En Colombia se estimó que anualmente de 8,000 a 10,000 Ton/m de baterías son desechas (Reciclaje de baterías, 2017). Las empresas de reciclaje de baterías ácido-plomo elaboran operaciones tales como ruptura de la batería, drenaje del ácido, separación del metal y la fundición del plomo reciclado. Estas acciones suelen ser responsables de la presencia de altos niveles de Plomo en la atmosfera, aguas y suelos cercanos a las fundidoras, de la misma manera el inadecuado manejo y gestión de la deposición de partículas originarias de la acumulación de residuos y escorias, las emisiones de las chimeneas y los hornos cubilote artesanales que incumplen con la normatividad para la prevención y manejo de material particulado, lo que ha generado cierres y suspensiones en las empresas. (Nedwed y Clifford 1997).

Con el fin de fomentar un reciclaje adecuado y formal donde se mitigue la polución atmosférica y la exposición del empleado a partículas contaminadas con plomo se planteó el rediseño del horno cubilote de la empresa Recuperación de metales S.A del municipio de Soacha Cundinamarca, para el cual se establecieron cuatro fases: en la primera se realizó el diagnóstico del horno actual, mediante la aplicación de una lista de chequeo que permitió identificar las falencias y medidas para la modelación del horno, posteriormente se ejecutó un estudio ambiental por medio de

un análisis de distancia de exposición para establecer el impacto en las comunidades aledañas y las fuentes hídricas cercanas a la fundidora.

En la segunda fase se modela el rediseño del horno mediante la adecuación del método DIETER donde se establece una selección de información bibliográfica permitiendo identificar los parámetros de evaluación para el horno como se ve en la fase anterior y posteriormente utilizarlos en la conceptualización del rediseño en donde se establece los elementos y mecanismos que suministren un bosquejo el cual mitigue la polución ambiental y la exposición al empleado a emisiones contaminadas por plomo; a continuación se desarrolla la modelación de todas las herramientas y mecanismos generando un prototipo en solidwork3D. Llegados a este punto se identificaron y seleccionaron los materiales con ayuda de los métodos tradicional, gráfico y por base de datos; los cuales permitieron generar matrices de decisión y establecer la materia prima adecuada para el rediseño del horno.

En la última fase se estableció una proyección de costos donde se identificó la cantidad y precio de los materiales, herramientas a utilizar en el nuevo diseño. Permitiendo una comparación entre la implementación del rediseño y la adquisición de un nuevo horno.

5. CAPITULO I

5.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La contaminación atmosférica en el mundo proveniente de fuentes antropogénicas, ha sido considerada como un factor de alta prioridad en la salud humana debido a que la polución ambiental por partículas es responsable del 1.4% de las muertes a nivel mundial, estimando que alrededor del 5% genera daños en la tráquea, bronquios y cáncer de pulmón, el 2% equivale a la mortalidad cardiorrespiratoria y alrededor 1% a las infecciones respiratorias (OMS, 2002). A su vez, la Organización mundial de la salud calcula que, en el 2015, entre 3.7 y 4.2 millones de personas murieron debido a enfermedades relacionadas con la mala calidad del aire, estableciendo a China e India como los países con el 55% de estas muertes.(Duque J. 2016).

Dentro del material particulado los metales pesados son los que genera mayor impacto ya que poseen un carácter acumulativo y de permanencia tanto en el ambiente como en el organismo, estos pueden ser incorporados en el cuerpo a través del agua por ingestión o por absorción dérmica. Así mismo inhaladas a partir de las partículas de polvo suspendidas que proceden de las áreas contaminadas, pueden operar como potentes tóxicos según cuáles sean las vías, el tiempo de exposición, la cantidad absorbida y la naturaleza química del metal. (Torres Y., Zafra C., 2012).

En el continente americano estudios de dos fundidoras de Pb en El Paso (Texas, EUA) y en Kellogg (Idaho, EUA) se encontró que el 55% y el 99% respectivamente de los niños que viven en un radio de 1.600 metros de la fundición, mostraban concentraciones elevadas de Pb sanguíneo de 40 o más mg/dl. Los valores biológicos presentaban una correlación inversamente proporcional con la distancia

entre residencia y fundición, junto a una correlación directamente proporcional con el grado de contaminación ambiental. Los niños eran víctimas por inhalación e ingestión involuntaria de estas partículas contaminantes que las fundidoras depositan en el aire y suelo (Daza F, 2008).

En América latina la intoxicación por metales es producto del desarrollo económico y la exposición se centra entre los sectores más desprotegidos, en países como Ecuador la industria familiar se basa en el uso del plomo, como principal fuente de fabricación de baterías y cerámicas, los cuales son cocidos a un alto grado de temperatura, exponiendo las familias a la inhalación de humo y polvo. (OPS, 2010)

Aspecto muy similar es lo que se ha evidenciado en la vereda de Abra Pampa Argentina, allí por medio de la evaluación a niños expuestos a la inhalación de plomo proveniente de una fundidora cerrada, ubicada en el área urbana de esta ciudad se determinó en una muestra de 144 niños de ambos sexos en donde el 40% de estos presentaban niveles altos de plomo sanguíneo por encima de 15 microgramos/dl.(Barberis S. et al 2010) Por lo tanto se determina que las probabilidades de contaminación son para aquellas personas que están expuestas en un mayor grado de riesgo por su contacto o cercanía, en estos lugares la perspectiva de vida es muy corta” Los desafortunados en estas áreas --agrega-- ni siquiera sobreviven ese tiempo, y si lo logran, es en sufrimiento”(Fuller R, 2006).

Situación no muy ajena para el Perú considerado uno de los países más contaminados de América, en la Oroya un pueblo ubicado en los Andes, existe una planta fundidora de metales de propiedad estadounidense, según el instituto Black Smith, esta planta es la responsable de los peligrosos y altos volúmenes de plomo donde se encontró que para el 2002 más del 80% de los casos en niños de la comunidad eran dos y tres veces superiores al nivel preocupante de 10 µg/dl donde aproximadamente “Unas 35.000 personas están potencialmente afectadas por la contaminación en la zona”, dice el informe.(Ministerio de salud del Perú)(Fuller R

(2006). A pesar de que la cantidad de población contaminada es alarmante, las autoridades dicen que están tomando cartas en el asunto, el nivel de personal enfermo ha bajado, pero los habitantes de Oroya siguen esperando quien expulsa de su pueblo a la terrible chimenea como la llaman (FYDH, 2013).

A pesar de que Colombia posee una mínima producción de plomo y en su mayoría se obtiene por medio del reciclaje, el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) realizó un reporte en ciudades como Bogotá, Medellín, Cali, Bucaramanga y Barranquilla donde determinó que el 50% de estas industrias son informales (MMA, 2002), provocando cierres en municipios como Malambo donde 5 fundidoras fueron clausuradas por su incumplimiento en la normatividad y el uso de hornos cubilotes, atribuyéndole la contaminación del agua y los altos niveles de plomo en la sangre de los habitantes del sector (Cuevas, 2014); Otro caso fue el de la empresa La Dolores en Palmira Valle del Cauca que fue suspendida por los riesgos ambientales, generados por la falta de un sistema de gases, una chimenea y el incumplimiento en la consecución de permiso de emisión. (Corporación Autónoma Regional Del Valle, 2018).

Sin embargo debido a la gran remuneración económica que maneja el reciclaje de baterías ácido- plomo, y la ausencia de oportunidades laborales en los sectores de bajos recursos en Colombia. Razones por las que muchas fundidoras se establecen en zonas de este tipo; lo cual se evidencia en el caso de una de las empresas que operaban en Malambo y decidió continuar con su funcionamiento bajo el nombre de Recuperación de metales S.A, ejerciendo durante un tiempo en el barrio León XIII y posteriormente en la vereda Panamá del municipio de Soacha, donde viene fundiendo desde hace 20 años por medio de hornos cubilotes artesanales (Carenas A., Piñarte X., 2017).

Soacha es llamado el 'municipio industrial de Cundinamarca', pues cuenta con cerca de 400 industrias, las cuales no cumplen, en su mayoría, normas mínimas de

protección del ambiente. La emisión de gases proviene de ladrilleras, canteras, fundidoras de metal, industrias agroquímicas, molinos de papel, etc.(Anónimo, 2008); según la Secretaria de Salud de Soacha el tipo de industria del cual se derivan los mayores índices de contaminación por el plomo proviene de empresas generadoras de baterías o restauración de estas para vehículos y empresas de fundición donde se utiliza el elemento para la realización de lingotes metálicos; Según Liliana Medina, Ingeniera química de la secretaria de salud el municipio excedió la cifra mínima permitida del plomo, que son cuatrocientas partes por millón teniendo en cuenta la cantidad de empresas que se encuentren en el lugar, recomienda que si se va a manipular el metal, sea en condiciones óptimas para brindar seguridad a la salud humana y causar el mínimo daño al medio ambiente, empleando bajos niveles del elemento químico. Por otra parte, asegura que para disminuir la presencia de plomo, no solo en el municipio sino en el país, se deben hacer planes masivos de difusión y comunicación del riesgo a toda la población, y a los establecimientos que lo utilizan para así concienciar de las consecuencias que ello implica.(Mora N,2017)

La problemática en el municipio de Soacha es asociada a la contaminación ambiental y de salud, a causa del uso del plomo que proviene de empresas fundidoras de baterías. En la vereda Villanueva de este municipio se encontraron niveles de plomo en el nacedero de agua con resultados de 0.9 mg/l estando a aproximadamente a 6 km de la vereda panamá donde se encuentra la fundidora Recuperación de Metales S.A. (Bonilla A., Lozano A. 2017). Esta empresa continúa fundiendo en hornos cubilotes artesanales justificándose en los elevados costos de los hornos de inducción y rotatorio. Es por eso que para la investigación se plantea un rediseño del horno de fundición de plomo, utilizado en esta empresa, que garantice una reducción de emisiones con plomo para mitigar el impacto ambiental y las enfermedades laborales en este sector del municipio de Soacha Cundinamarca

5.2 OBJETIVOS

5.2.1 Objetivo general

Rediseño de un horno de fundición de plomo que garantice una reducción del impacto ambiental y las enfermedades laborales en el municipio de Soacha.

5.2.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar el estado actual de (el/los) hornos de fundición de plomo, estableciendo el impacto ambiental principalmente.
- Diseñar y simular un adecuado horno de fundición de plomo en las empresas del municipio de Soacha.
- Determinar materiales que posean las características necesarias para soportar el proceso de fundición del plomo.
- Estimar el costo total del rediseño del horno de fundición especificando materias primas y producción.

5.3 JUSTIFICACIÓN

El plomo es uno de los materiales más utilizados en la industria desde la antigüedad, por medio de la fabricación de cerámicas, pinturas, canales de agua, municiones, entre otros, no obstante con el desarrollo de nuevas tecnologías este metal se ha considerado fundamental y necesario para el sector automotriz, dado que el 85% es destinado a la fabricación de las baterías para autos. Hecho que ha permitido el fortalecimiento de un nuevo sector encargado de la recuperación y fundición de las baterías para la obtención de este metal. (OMS, 2017)

Un ejemplo de esto, es China país en el que este sector se ha extendido a más de 400 plantas (ZHI SUN, 2017) generando un gran impacto ambiental por emisiones con partículas de plomo ocasionando el cierre de más del 70% de estas a partir el 2012, lo que origina que el sector adquiera un incremento en la informalidad por el incumplimiento de la norma, derivado del uso de hornos de fundición inadecuados como el cubilote que aunque posea una excelente productividad su principal desventaja es la alta contaminación atmosférica que proporciona, por lo que las fundidoras han venido sustituyéndolos por hornos de inducción y rotatorios (XI TIAN, 2017).

Por otra parte, la medicina se ha convertido en otro sector en el que el plomo es de gran uso, debido a que su elevada densidad lo convierte en un buen protector contra la radiación producida por las máquinas de los rayos X; aun así es importante mencionar que el inadecuado manejo del plomo en grandes cantidades es peligroso para la salud al generar graves enfermedades (SNMPE, 2007).

Es importante aclarar que en cuanto al manejo y tratamiento del plomo para su uso, existen tres tipos de hornos, el primero denominado horno de inducción que posee una producción limpia y eficiente generando una baja contaminación ambiental, conducción sencilla y un excelente control de calidad, pero básicamente su alta

inversión y elevados costos de producción relativos a la utilización de energía eléctrica, coque y gas, lo hacen poco asequible para industrias que no manejen grandes volúmenes de fundición. El segundo corresponde al horno rotatorio que por su tamaño solo permite la fusión de pequeñas cantidades, maneja costos de producción parecidos al de inducción por la utilización de fundentes y su inversión de adquisición es sensiblemente inferior al anterior. Por último el horno cubilote que aunque emite una gran cantidad de polvos y gases contaminantes pueden ser controlados por filtros manga y/o depuradores de gases, además posee grandes ventajas con su alta eficiencia térmica, elevada producción horario y costo de producción bajo lo que lo convierte en un horno rentable para las industrias (Materiales ferrosos y sus aplicaciones, 2010).

Ahora bien, En vista que los hornos de inducción y rotatorio no superan el desempeño del cubilote, se establece una propuesta de rediseño de este último, modelando los diferentes mecanismos y herramientas a implementar, por medio del software "solidwork", el cual nos brinda la posibilidad de creación de un prototipo que simula el movimiento de los dispositivos para el control de las emisiones de gases contaminantes, que afectan por exposición tanto a los empleados como a las comunidades aledañas.

6. CAPITULO II

6.1 ANTECEDENTES.

El cubilote es un horno de eje vertical denominado también horno de cuba que procede de la palabra griega “cuje”.”, los cuales son los más antiguos para la fusión del hierro fundido; y se han empleado desde hace siglos; si bien con el paso del tiempo y la experiencia han sufrido modificaciones en su aspecto, el funcionamiento en el que se basa continúa siendo el mismo. (Gómez M. 2013).

El italiano, Vinicio Biringuccio, en 1540 en su estudio de Pirotecnia describió un tipo de horno de cuba que funcionaba en el año 1500 y que puede considerarse como el precursor del cubilote moderno. En 1709, Abrahán Darby desarrollo con éxito un procedimiento perfeccionado para fundir el hierro, que utilizaba carbón de coque como combustible; Este procedimiento pronto llego a ser rentable y en 1740 la producción había superado a la de los hornos de carbón vegetal con una producción de 30.000 toneladas al año, más tarde en el año 1794 el inglés John Wilkinson patento un horno muy parecido al cubilote actual, el cual genero un aumento en la producción para 1800 que superaba las 250.000 toneladas por año.

Al pasar los años este tipo de horno fue mejorando, en lo relacionado con su eficiencia, mejor control del proceso, generando un continuo crecimiento en su uso y aumento de interés en su manera de trabajo. Esto ha conducido al desarrollo e introducción de diversos mecanismos y dispositivos que permiten mayor control y medición de los factores que determinan su comportamiento. Estos desarrollos han hecho que el cubilote tenga algunos cambios estructurales, rediseñado algunas de sus partes como fue el sistema de toberas. Pero el concepto inicial de un horno tubular, en posición vertical, con la entrada de la carga metálica por la parte superior y un contacto directo entre el combustible sólido y la carga, se ha mantenido inalterable.

En la fusión con este tipo de horno se generan una gran cantidad de emisiones contaminantes, por lo que deben cumplir con los mínimos estándares de emisión establecidos. Pero por el bajo costo inicial, de su operación y sobre todo por su versatilidad hacen que el cubilote sea un horno con grandes ventajas.

La mayoría de los cubilotes modernos se pueden abrir por el fondo, llevan compuertas centradas en la placa base que pueden abrirse hacia abajo después de su funcionamiento y así vaciar todos los residuos acumulados o escoria. Los primeros cubilotes se construían sobre bases de mampostería en lugar de columnas o apoyos, pero este tipo de horno todavía está en uso y se llaman de fondo fijo. (Gómez M. 2013).

Una Herramienta utilizada para la fundición de metales desde la prehistoria que aparece recientemente en los registros de la arqueología, nació cuando los antiguos usaron las llamadas piro tecnologías que desarrollaron la base de la fusión en donde se usa el calor para lograr hierro y barro quemado. No se conoce una fecha exacta de la fundición como proceso, pero como medio para satisfacer la necesidad de fabricar herramientas, armas y para su supervivencia desarrollaron habilidades como la forja de metal la cual fue martillando las placas de cobre, Posteriormente a eso se buscó la fusión de metales en hornos rudimentarios con el fin de lograr y controlar temperaturas elevadas. (Historia de la fundición, 2008)

Aproximadamente entre los años 5000 y 3000 a.c edad de bronce, los pobladores de Asia occidental y la costa del mediterráneo comenzaron el trabajo de cobre y bronce los cuales se obtenía por fusión de ricos minerales de malaquita utilizando hornos de arcilla de tiro natural y usando como combustible el carbón de leña, obteniendo pequeñas cantidades de un metal esponjoso que terminaban de forjar por martillado. (Arévalo J. 2015).

Hay que mencionar que además del cobre, bronce, el hierro el estaño y el plomo también son considerados uno de los primeros metales obtenidos por fundición

basándose en vestigios de plomo encontrados en el yacimiento de Çatalhöyük en Anatolia (Turquía), los cuales están datados alrededor del 6400 a. C. Aunque el plomo era un metal común su descubrimiento no generó gran impacto; Debido a que era demasiado blando para ser parte de los componentes estructurales de herramientas o armas, solo para la fabricación de proyectiles. Posteriormente por su fácil obtención y modelación, en la antigua Grecia y Roma se utilizó para fabricar tuberías y recipientes para el agua, también se usó como unión en los edificios de piedra y en las vidrieras (Anónimo, 2003).

6.2 MARCO TEÓRICO.

6.2.1 BATERÍA ACIDO-PLOMO

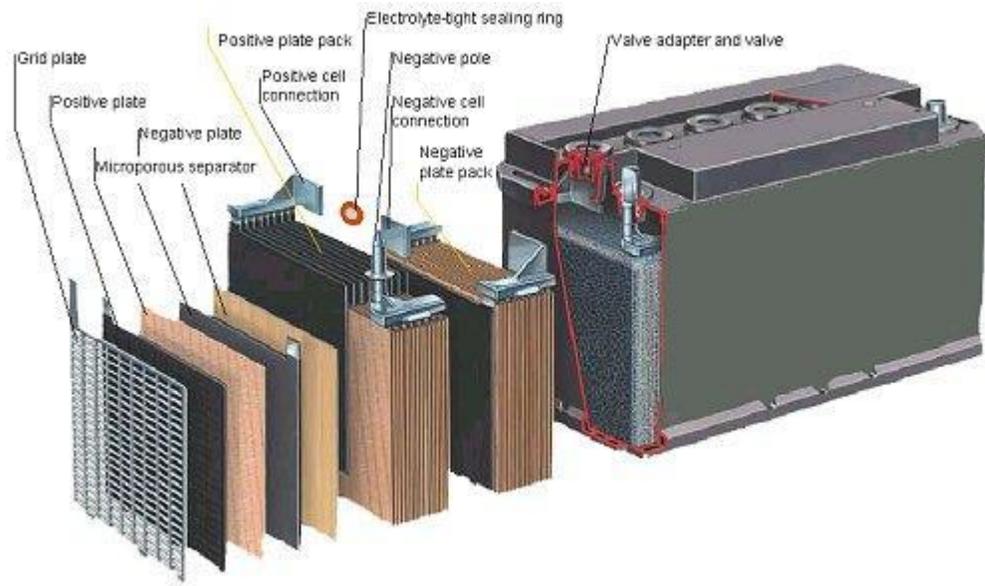
Es un dispositivo electroquímico que permite acumular energía en forma química mediante el proceso de carga, y liberarla como energía eléctrica; siendo la más usada en la actualidad, por su bajo costo. Compuesta por dos electrodos hechos de plomo y el electrolito de una solución de agua destilada y ácido sulfúrico. (CONAMA. 2015)

6.2.1.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS BATERÍAS DE PLOMO ÁCIDO.

- **Electrolito:** Solución diluida de ácido sulfúrico en agua (33,5% aproximadamente) que puede encontrarse en tres estados: líquido, gelificado o absorbido.
- **Placas o electrodos:** Estas se componen de la materia activa y la rejilla. En las cuales se encuentran placas positivas rellenas de dióxido de plomo, y las placas negativas de plomo esponjoso.
- **Rejillas:** es el elemento estructural que soporta la materia activa. Su construcción es a base de una aleación de plomo con antimonio o calcio.
- **Separadores:** son elementos de material micro poroso que se colocan entre las placas de polaridad opuesta para evitar un corto circuito.
- **Carcasa:** Es fabricada generalmente de polipropileno (PP) y en algunos casos de ebonita (caucho endurecido).
- **Conectores:** Piezas destinadas a conectar eléctricamente los elementos internos de una batería; están hechos con aleaciones de plomo-antimonio o plomo cobre.

Tomado de: (CONAMA. 2015)

Ilustración 1. Componentes y estructura interna de los acumuladores de plomo convencionales.



Tomada de <http://ingenieriaelectricaexplicada.blogspot.com.co/2011/>

6.2.1.2 RIESGOS

Las baterías poseen dos sustancias peligrosas:

- **el electrolito ácido.** es corrosivo, y por su alto contenido de plomo disuelto y en forma de partículas; puede causar heridas en la piel y los ojos
- **el plomo y sus compuestos.** son altamente tóxicos para la salud humana, ingresan al organismo por ingestión o inhalación y se transportan por la corriente sanguínea acumulándose en todos los órganos, especialmente en los huesos. La exposición prolongada puede afectar el sistema nervioso

central, cuyos efectos van desde sutiles cambios psicológicos y de comportamiento, hasta graves efectos neurológicos, siendo los niños la población en mayor riesgo.

Tomado de: (CONAMA. 2015)

6.2.2 HORNOS PARA FUNDICION

6.2.2.1 LOS HORNOS DE INDUCCIÓN

Son útiles en pequeños talleres de fundición porque producen fusiones de composición controlada. Existen dos tipos básicos:

- **El horno de inducción sin núcleo:** Este consta de un crisol totalmente rodeado por una bobina de cobre enfriado por agua, por la que pasa una corriente de alta frecuencia que genera un campo magnético, lo que calienta el crisol y funde el metal en su interior.

- **El horno de canal o de núcleo.** emplea una corriente de baja frecuencia y tiene una bobina que rodea sólo una pequeña parte de la unidad. Por lo común se utiliza en talleres de fundición no ferrosa y es adecuado para
 - a) **sobrecalentamiento.** calentar por encima de la temperatura normal para mejorar la fluidez

 - b) **sostenimiento.** Lo hace adecuado para aplicaciones por inyección en matriz

- c) **duplicación.** son utilizados dos hornos para fundir el metal en un y luego ser transferido a otro (Kalpakjian, 2002).

6.2.2.2 HORNO DE CRISOL

Estos hornos manejan un recipiente, hecho de un material refractario como lo son la arcilla y grafito o el acero aleado a alta temperatura, donde se ubica la carga a fundir. Estos tipos de hornos han sido utilizados a lo largo de la historia, debido a que se calientan con combustibles como los gases comerciales, gasóleo y combustible fósil, además de la electricidad. Existen 3 tipos

- **crisol móvil.** El crisol se coloca dentro del horno y una vez fundida la carga este se levanta y se saca del horno usándose como cuchara colada.
- **crisol estacionario.** este posee un quemador integrado y el crisol no se mueve, una vez fundida la carga esta se saca con cucharas fuera de él.
- **crisol basculante.** generalmente posee el quemador integrado y el dispositivo entero es inclinado para vaciar la carga. (Kalpakjian, 2002).

6.2.2.3 HORNO CUBILOTE

Horno cilíndrico vertical que tiene una altura aproximada de 6 metros, recubierto de un material refractario tal como ladrillos de arcilla. Que se alimentan con capas alternadas de metal, coque y fundente; el cual permite que los metales a fundir tomen un estado líquido y puedan ser colados.

El funcionamiento de este horno inicia con la preparación de la cama para fundir el metal, de esta manera el carbón coque es introducido por la boca de cargue del horno, encendiéndolo hasta conseguir una temperatura entre 1400° y 1500°C, por consiguiente se carga el horno con el metal y el fundente, provocando la fusión y

permitiendo que el metal líquido caiga por el canal de colada, mientras que el coque flota para sobre él.

El fundente también se va quemando y reacciona con las impurezas del metal fundido formando la escoria. Flotando sobre la superficie del metal fundido de tal modo que previene la oxidación del metal y permita que salga por las piqueras del horno. (Kalpakjian, 2002).

6.2.2.3.1 CONSTRUCCIÓN DE UN CUBILOTE

La altura y el diámetro del cubilote dependerá de diferentes factores tales como: tipo de carga, producción por hora, si tiene o no enfriamiento, si utiliza aire caliente, tipo de hierro a obtener, etc.

En la Tabla 1 se muestran los parámetros a tener en cuenta a la hora de construir un horno cubilote. Basándose principalmente en el diámetro interno o la altura de este.

Tabla 1. Parámetros para la construcción de un cubilote

Diámetro Interno o de Recubrimiento (pulgadas)	Alturas (pies)	Puerta de carga (pulgadas)	Capacidad de Fusión	
			Por hora (Toneladas)	Por Lote (toneladas)
18	6 a 7	15 por 18	1/2 a 3/4	1 a 2
20	7 a 8	18 por 20	1/3 a 1	2 a 3
24	8 a 9	20 por 24	1 a 2	3 a 5
30	9 a 12	24 por 23	2 a 5	4 a 10
40	12 a 15	30 por 36	4 a 8	8 a 20
60	15 a 18	30 por 40	6 a 14	15 a 40
60	16 a 20	30 por 45	8 a 16	25 a 60

Tomado de: Robles R, Fusión de metales ferrosos, 2011.

6.2.2.3.2 ESTRUCTURA DEL HORNO

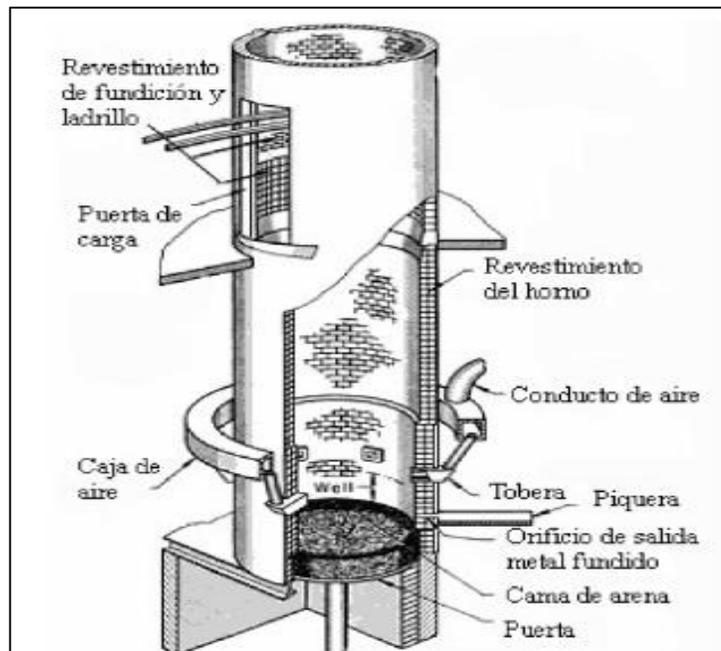
Un horno cubilote debe estar constituido por las siguientes partes, para garantizar su buen funcionamiento

- Envoltura cilíndrica de chapa de acero soldada.
- Revestimiento interno de material refractario
- Chimenea
- Boca de carga: cuando el cargue se realiza de manera manual esta debe ser pequeña y equipada por una plancha inclinada para la introducción de las cargas, y más amplia si se hace mecánicamente.
- Cámara de aire, que rodea del todo o en parte la envoltura y dentro de la cual, pasa aire o viento enviado por una máquina para la combustión del coque.
- Toberas, son pequeñas aberturas con forma de caja horadada, adaptada al revestimiento para conducir el aire al interior del cubilote. Las cuales pueden ser de hierro colado o chapas de acero y compuesta de portillos con lentes de cristal para controlar la combustión.
- Piquera de escoria. Abertura instalada a unos 15 o 20 cm por debajo de las toberas, inclinada de 30 a 40°, para facilitar la salida de la escoria.
- Canal de colada, abertura frontal encargada de recibir y dirigir el metal hacia los moldes.

- Solera a fondo de cubilote. Consiste en una cama de arena de moldeo comprimida e inclinada a 10° hacia la piquera de sangría del horno.
- Plancha base de envoltura cilíndrica.
- Columnas de apoyo: casi siempre son tres o cuatro de hierro fundido
- Crisol: es la parte inferior del cubilote comprendido entre la solera y el plano de las toberas.

Tomado de: (Ramos B. y Guerra Y. 2006)

Ilustración 2. Esquema estructura de un cubilote



Tomada de <http://procesosindustrialescg1.blogspot.com.co/2015/10/hornos-los-hornos-que-se-usan-para.html>

6.2.3 MATERIAL REFRACTARIO.

Se conoce como materiales refractarios a aquellos cuyas propiedades permiten que pueda mantener su resistencia y estructura a altas temperaturas. Dependiendo del proceso, estos materiales deben resistir choques térmicos, ser químicamente inertes, presentar una baja conductividad térmica y un bajo coeficiente de dilatación. Y suelen utilizarse para la fabricación de crisoles, recubrimientos en hornos e incineradoras (industrias I 2018)

5.1.5.1 Clasificación basada en su composición química

Materiales refractarios ácidos

Los refractarios ácidos son producidos a base de sílice en sus distintas formas como cuarzo, cuarcita o arena.

Materiales refractarios neutros

Estos tipos de materiales son los más comunes en el mercado debido a que se usan en todo tipo de industrias por ser estables químicamente

Materiales refractarios básicos

Son usados para operaciones en contacto con atmósferas básicas, ya que son estables con materiales alcalinos, pero podrían reaccionar con ácidos. La magnesita y la dolomita son ejemplos comunes de este tipo de materiales.

6.2.4 LADRILLO REFRACTARIO

Ladrillo usado para soportar temperaturas altas y cambios de temperatura bruscos; se los emplea en chimeneas y hornos por su alta resistencia.

5.1.6.1 LADRILLOS DE MAGNESIA MgO

- a) se fabrican de magnesia convencional de alta pureza, de buen rendimiento en altas temperaturas, y buena resistencia a la corrosión química de la escoria.
- b) Los ladrillos elaborados con magnesita electro fundida son de alta densidad, buena estabilidad de volumen, baja porosidad, buena performance a las altas temperaturas y de buena resistencia a la escoria.
- c) El ladrillo de la magnesita hecho de escorias denso sinterizadas de la magnesia en la temperatura, contiene más el de 87% de MgO, y tiene buena resistencia a la corrosión de la escoria básica y resistencia sobre 2000° C (Hornos Hinra SAC 2018)

Características

- Ladrillo de magnesia sinterizado
- Excelente dimerización del ladrillo de magnesia de alta resistencia, lucha contra la erosión del residuo alcalino
- Funcionamiento excelente de la resistencia de la escoria básica,
- Alta resistencia
- Estabilidad termal y volumétrica
- Lucha contra la erosión y anti-peladura
- Fuerza excelente de la presión que dobla, prueba de la abrasión
- Funcionamiento excelente de la leña de alta temperatura

Aplicación

Se utiliza en el revestimiento de Hornos Industriales para acero, cal, vidrio, fundiciones, hornos de hogar abierto de acero, arco voltaico de acero, torpedo, la zona básica de los hornos ferrosos del metal.

5.1.6.2 LADRILLOS DE CROMO – MAGNESITA

El ladrillo de Magnesita – cromo llamado también ladrillos de silicato de magnesio o ladrillos de cromo servidumbre, son fabricados con alta calidad de magnesita y cromita. Estos son quemados a alta temperatura para que posean un buen rendimiento a altas temperatura y alta resistencia a escorias. Su bajo contenido de SiO₂ le otorga a estos ladrillos excelentes cualidades térmicas, siendo resistentes a la corrosión producida por choques térmicos. El contenido Cr₂O₃ del ladrillo se puede ajustar de acuerdo con diversos requisitos. Estos se utilizan en Hornos de cal, horno de cemento rotatorio, cobre, recalentamiento, vidrio, regeneradores, y en aquellos equipos donde exista un alta acides. (Hornos Hinra SAC 2018)

Características

Material y técnica: Hecho de óxido sinterizado de la magnesia y materiales refractarios (mineral) del cromo los cuales son sinterizados a alta temperatura por encima de los 1700°C.

Propiedad: El tener mayor densidad aparente y mayor resistencia térmica que el

5.1.6.3. LADRILLOS DE MAGNESITA DE CROMO (MgO -)

El ladrillo de Magnesita – cromo llamado también ladrillos de silicato de magnesio o ladrillos de cromo servidumbre, son fabricados con alta calidad de magnesita y cromita. Estos son quemados a alta temperatura para que posean un buen rendimiento a altas temperatura y alta resistencia a escorias. Su bajo contenido de SiO₂ le otorga a estos ladrillos excelentes cualidades térmicas, siendo resistentes a la corrosión producida por choques térmicos. El contenido Cr₂O₃ del ladrillo se puede ajustar de acuerdo con diversos requisitos. Estos se utilizan en Hornos de cal, horno de cemento rotatorio, cobre, recalentamiento, vidrio, regeneradores, y en aquellos equipos donde exista un alta acides. (Hornos Hinra SAC 2018)

Características

Material y técnica: Hecho de óxido sinterizado de la magnesia y materiales refractarios (mineral) del cromo los cuales son sinterizados a alta temperatura por encima de los 1700°C.

Propiedad: El tener mayor densidad aparente y mayor resistencia térmica que el

6.2.5 MORTERO REFRACTARIO.

Un mortero refractario es aquel capaz de resistir la acción del fuego sin alterarse. Generalmente están compuestos por cementos aluminosos aditivos y áridos silíceos, lo que les otorga una serie de características adicionales, como el fraguado rápido, la resistencia a cloruros y sulfatos y la resistencia en ambientes ácidos. Este se aplica en la construcción y reparación de elementos sometidos a altas temperaturas como son barbacoas, chimeneas, hornos, entre otros.

APLICACIONES

- Montaje y anclaje de ladrillos y baldosas refractarias, bloques de hormigón, sometidos a altas temperaturas
- Se utiliza en enlucidos en ambientes de altas temperaturas (1200 °C).
- Montaje y rejuntado de trabajos de albañilería en contacto con aguas agresivas, sulfatadas o ácidas, industrias alimentarias y canalizaciones de alcantarillados, saneamientos y residuos industriales.
- Alta resistencia térmica. Resiste hasta 750 °C.

Tomado de: <http://tec-steevpaul.blogspot.com.co/2015/10/semana-ix-mortero.html>

6.2.6 CABLE

Un cable de acero es una máquina compuesta por elementos precisos y con movimiento independiente, diseñados y fabricados para trabajar en una función muy

definida entre uno y otro. Además, en muchos casos, el cable trabaja como fusible de la maquinaria donde trabaja. (Camesa 2018)

COMPONENTES BÁSICOS

Todo cable de acero está constituido por los siguientes tres elementos básicos:

- Alambre de acero
- Torón
- Alma

Las características y variaciones de cada uno de ellos definen la diferencia entre cada uno de los tipos de cables

6.2.6.1 SELECCIÓN DEL CABLE ADECUADO.

Son muy diversos los factores que influyen en la vida del cable de acero; para obtener un mejor servicio al seleccionarlo deben tomarse en cuenta principalmente los siguientes:

- Capacidad de carga adecuada.
- Resistencia a la fatiga.
- Resistencia a la abrasión.
- Resistencia a la corrosión.
- Resistencia al aplastamiento

6.2.6.1.1 CAPACIDAD DE CARGA ADECUADA

Es la mínima resistencia a la ruptura por tensión que debe tener el cable seleccionado para soportar la carga de trabajo y con el factor de diseño.

Por ejemplo: para levantar una carga de 20 ton/métricas y considerando un factor de diseño de 5:1, este deberá tener una resistencia mínima a la ruptura de 100 ton/métricas. Teniendo en cuenta que se deben considerar las cargas estáticas y las cargas causadas por la aceleración o desaceleración de la carga. (Camesa 2018)

6.2.6.1.2 RESISTENCIA A LA FATIGA

Los cables de acero sufren de deterioro por efectos de fatiga debido a que estos se encuentran sujetos a flexiones continuas en poleas. Este efecto se puede notar cuando se dobla un alambre en varias ocasiones y tenemos como consecuencia que este se romperá. (Camesa 2018)

6.2.6.1.3 RESISTENCIA A LA ABRASIÓN

La abrasión debilita el cable por desgaste del material de los alambres exteriores e interiores. Está presente en todas las aplicaciones de cable. Por esta razón es indispensable seleccionar un cable que tenga las características necesarias para soportar este efecto. Uno de los criterios más empleados para obtener menor desgaste por fricción, es el de seleccionar un cable con el menor número de alambres exteriores. (Camesa 2018)

6.2.6.1.4 RESISTENCIA A LA CORROSIÓN

Otro criterio importante en la selección de un cable es la consideración del ambiente de trabajo, es decir, si existe la presencia de factores corrosivos. En estos casos se debe considerar el empleo de cables con alambres galvanizados y/o el empleo de una lubricación protectora adecuada. (Camesa 2018)

6.2.6.1.5 RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO

El aplastamiento en un cable es normal principalmente en casos donde es enrollado en varias capas sobre un tambor o en la operación debido a cargas excesivas; en esos casos hay que emplear un cable con alma de acero. (Camesa 2018)

6.2.7 TUBERIA

Conducto formado por tubos que sirve para distribuir líquidos o gases. Se dividen en: con costura o sin costura y normalmente fabricadas en Materiales Como:

- Acero Inoxidable
- Inoxidable Sanitaria
- Acero Carbón
- Cobre
- Galvanizada
- inoxidable ornamenta

Y se encuentran en el mercado con las siguientes características.

- Calibre: Desde 10, Hasta 160
- Dimensiones: Desde 1", Hasta 24"
- Longitudes: Desde 6mts, Hasta 12mts
- Aplicaciones: Agua, Vapor, Gas, Crudo (Entre otras aplicaciones)
- Espesores de pared: Desde 0.35", Hasta 0.125"

Tomado de: Tubería 2018

6.2.8 MÉTODO PARA EL DESARROLLO DEL DISEÑO.

6.2.8.1 METODO DIETER

Para el desarrollo del método que propone George Dieter, consiste en el desarrollo de fases como las siguientes:

Fase 1. Reconocer la necesidad

Fase 2. Definir la problemática

Fase 3. Compilación de información

Fase 4. Conceptualización

Fase 5. Evaluación

Fase 6. Declaración del diseño.

6.1.8.1.1. FASE 1. RECONOCER LA NECESIDAD.

Esta consiste en buscar la insatisfacción que existe con la situación actual. Las necesidades se determinan desde diferentes puntos en una empresa con en la producción, clientes o distribuidores

6.1.8.1.2. FASE 2. DEFINIR EL PROBLEMA.

La parte más crítica del diseño es el problema y su definición, por lo cual este debe ser definido lo más ampliamente posible, evitando crear soluciones inoportunas, lo que permite generar la mejor perspectiva para la ejecución de la siguiente fase.

6.1.8.1.3. FASE 3. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Es el aspecto con más importancia de las fases, en donde se determina la información principal por medio de artículos, documentos del gobierno, registros de patentes, informes de analistas, etc. Las entrevistas con consultores externos, también pueden ser de gran ayuda.

6.1.8.1.4. FASE 4. CONCEPTUALIZACIÓN

En esta fase se establece los elementos, mecanismos procesos que al mezclarse suministrarán un diseño que compensa con la necesidad. Durante este proceso es esencial el uso de la creatividad y la imaginación para poder generar la solución adecuada a la problemática.

6.1.8.1.5. FASE 5. EVALUACIÓN

La evolución envuelve el estudio metódico del diseño. Generalmente por medio de cálculos del modelo metódico del diseño. En otros casos la evaluación genera una simulación del diseño en un modelo experimental o quizás en un prototipo real.

6.1.8.1.6. FASE 6. COMUNICACIÓN DEL DISEÑO

El proceso final del diseño es la declaración de los resultados alcanzados por medio de exposiciones orales, trabajos escritos, planos o la simulación del diseño en una computadora y modelos a escala del producto.

6.1.9. FACTORES BÁSICOS A CONSIDERAR EN LA SELECCIÓN DE MATERIALES

- **Físicos:** Tamaño, forma, peso del material que se necesita, así como el espacio disponible para el componente lo que guardan relación con el tratamiento del material.

- **Mecánicos:** Tienen que ver con la capacidad del material para soportar los tipos de esfuerzos que se le imponen.
- **Procesamiento y posibilidad de fabricación:** Se relacionan con la capacidad de dar forma al material.
- **Duración de los componentes:** Se relacionan con el tiempo durante el cual los materiales desempeñan las funciones a las que han sido destinados, en el ambiente al que están expuestos.
- **Costos y disponibilidad:** En una economía impulsada por el mercado estos dos factores son inseparables.
- Códigos, factores estatutarios
 - * **Códigos:** son conjuntos de requisitos que se imponen al material y a otros componentes (ASME, ASTM, SAE)
 - * **Factores estatutarios:** relacionados con los reglamentos locales, estatales y gubernamentales o federales (según el país) referentes a los materiales y a los procedimientos que se utilizan o a la forma de deshacerse de los materiales.

6.1.9.1. MÉTODOS PARA LA SELECCIÓN DE MATERIALES

6.1.9.1.1. MÉTODO TRADICIONAL

Con este método, el ingeniero o diseñador selecciona el material que cree conveniente, con base en la experiencia de partes que tienen un funcionamiento similar y que han mostrado buenos resultados. También conocido como Materiales de ingeniería de partes similares. (Gonzales H., mesa D. 2004)

El método mantiene buena aceptación debido a lo siguiente:

- El ingeniero se siente seguro con un material usado en el mismo campo y ensayado.
- Las características del material empleado, por ejemplo acero, ya han sido estudiadas previamente
- El suministro de acero está asegurado.
- Generalmente en un gran porcentaje de partes se usan aceros baratos, sin tratamiento térmico, evitando pérdida de tiempo en ensayos y procesos.
- Ahorro considerable de tiempo.
- Contribuye a la estandarización del stock de materiales.

6.1.9.1.2. MÉTODO GRÁFICO

Este método se apoya en gráficas conocidas como mapas de materiales, en las que se relacionan por pares las propiedades de los materiales. El método fue diseñado para ser utilizado durante la etapa conceptual de la selección. En estos mapas se hace una aproximación del material más adecuado, con base a las propiedades más importantes que posea.

De igual manera, los mapas de materiales, también denominados diagramas de Ashby, muestran que las propiedades de las diferentes clases de materiales pueden variar en amplios intervalos, formando grupos que se ubican en áreas cerradas dentro del diagrama. Eso significa, que una misma familia de materiales puede tener una apreciable variación en sus propiedades, generando un campo o zona en los mapas. En estos mapas se relacionan entre otras, propiedades, la resistencia mecánica, módulo de elasticidad, densidad, tenacidad, conductividad térmica, costes, etc. (Gonzales H., mesa D. 2004)

6.1.9.1.3. MÉTODO CON LA AYUDA DE LA BASE DE DATOS

En la Internet existe una amplia gama de bases de datos sobre materiales, que han sido construidas para comercialización libre o son distribuidas por vendedores de materiales. Estas bases de datos son el resultado de investigaciones en ensayos de materiales. Las bases de datos se dividen básicamente en dos categorías, numéricas y literarias o de referencias bibliográficas. Dentro de las más importantes bases de datos están el banco de datos de la ASTM, la SAE, la ASM, la AISI, la NASA, etc. Una de gran importancia por la cantidad de datos y variedad de materiales es matweb.

La selección de materiales con ayuda de estas bases de datos, parte del conocimiento de las principales propiedades que se deben tener en cuenta para un fin específico. (Gonzales H., mesa D. 2004)

6.2. MARCO CONCEPTUAL.

6.2.8. PLOMO.

El plomo es un metal gris-azulado de origen natural que se encuentra en pequeñas cantidades en la corteza terrestre. El plomo puede encontrarse en todas partes en el medioambiente. Gran parte proviene de actividades humanas como la quema de combustibles fósiles, la explotación minera y la manufactura.

El plomo tiene muchos usos diferentes. Se usa en la fabricación de baterías acido-plomo, pilas, municiones, productos de metal (soldaduras y tuberías) y en aparatos para proteger contra los rayos X. Su símbolo químico es el Pb.

Este elemento es altamente tóxico; se absorbe en forma acumulativa por vía percutánea, respiratoria y digestiva, afectando principalmente los sistemas nervioso y renal (Márquez, 2017)

6.2.9. ESCORIA.

Es una sustancia de aspecto vidrioso que flota en el fondo de los hornos de fundición y que proviene de las impurezas que se resultan de esta acción. Se encarga de purificar a los metales fundidos. . (Definición ABC 2017).

6.2.9 FILTRO MANGA.

Los filtros de mangas o también denominado casa de bolsas es uno de los dispositivos más eficientes y distintivos de la separación sólido-gas, para la eliminación de partículas densas de una corriente gaseosa haciéndola pasar a través de un tejido.(Irma projekt sistema. 2018).}

6.2.10 DEPURADORES DE GASES.

Es una de las piezas más significativos de un dispositivo diseñado para purificar el aire contaminado. Este mecanismo se encarga de filtrar las exposiciones gaseosas antes de que sean liberadas al medio ambiente. Con frecuencia, las emisiones provienen de chimeneas o conductos de escape industriales. (Marketing Perú, 2017)

6.2.10. REVESTIMIENTO.

Es la cubierta o capa que permite proteger una superficie, En un horno de fundición es el encargado de proteger la lámina de las temperaturas. Está compuesto por una mezcla de ladrillo, cemento y arena para establecer una mayor resistencia y funcionalidad (Pérez y Merino, 2014).

6.2.11. DILATACIONES DE METAL.

Es el aumento de la longitud, la superficie o el volumen de un cuerpo a causa de la separación de sus moléculas por la disminución de su densidad o el aumento de temperatura. Las dilataciones del metal en el proceso de fundición se encuentran principalmente en la expansión de la lámina por la cercanía a las elevadas temperaturas del proceso, lo cual si no es controlado traerá como efecto su quiebre, provocando fugas y grandes niveles de exposición y contaminación. (Pérez y Merino, 2014).

6.2.12. COQUE.

Es un combustible que se obtiene a partir de la destilación destructiva, o pirolisis, de determinados carbones minerales, como la hulla o carbones bituminosos que poseen propiedades coquizantes; es decir capacidad de transformarse en coque después de haber pasado por una fase plástica. (Ecured, 2017).

6.2.13. SOLERA.

La solera de un horno de fundición consiste en arena de moldeo o un material refractario al fondo del cubilote apisonada con una inclinación de 10 grados hacia la piquera de sangría, con lo cual tiene el fin de facilitar la salida del material.

6.2.14. ALAMBRE DE ACERO

La materia prima esencial en la fabricación del cable de acero es el alambre de acero. En la actualidad, se produce cables negros y galvanizados en cuatro tipos diferentes de grados.

- Acero de Tracción
- Acero Arado mejorado (IPS, por sus siglas en inglés)

- Acero de Arado Extra Mejorado (EIP)
- Acero de Arado Extra Mejorado (EEIP)

6.3. MARCO LEGAL.

6.3.8. DECRETO 948 DE 1995

CONTENIDO Y OBJETO. El presente Decreto contiene el Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire, de alcance general y aplicable en todo el territorio nacional, mediante el cual se establecen las normas y principios generales para la protección atmosférica, los mecanismos de prevención, control y atención de episodios por contaminación del aire, generada por fuentes contaminantes fijas y móviles, las directrices y competencias para la fijación de las normas de calidad del aire o niveles de inmisión, las normas básicas para la fijación de los estándares de emisión y descarga de contaminantes a la atmósfera, las de emisión de ruido y olores ofensivos, se regulan el otorgamiento de permisos de emisión, los instrumentos y medios de control y vigilancia, el régimen de sanciones por la comisión de infracciones y la participación ciudadana en el control de la contaminación atmosférica. El presente decreto tiene por objeto definir el marco de las acciones y los mecanismos administrativos de que disponen las autoridades ambientales para mejorar y preservar la calidad del aire, y evitar y reducir el deterioro del medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana ocasionados por la emisión de contaminantes químicos y físicos al aire; a fin de mejorar la calidad de vida de la población y procurar su bienestar bajo el principio del desarrollo sostenible.

6.3.9. RESOLUCION 189 DE 1994

CONSIDERANDO:

Que conforme a los artículos 79 y 80 de la Constitución Nacional, toda persona tiene derecho a gozar de un medio ambiente sano y es responsabilidad del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente y prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental.

Que en desarrollo de tales principios constitucionales, corresponde al Ministerio del Medio Ambiente, de acuerdo con los numerales 10 y 11 del artículo 5 de la Ley 99 de 1993, determinar las normas ambientales mínimas y las regulaciones de carácter general aplicables a todas las actividades que puedan generar directa o indirectamente daños ambientales y dictar las regulaciones generales para controlar y reducir las contaminaciones de distinto tipo en todo el territorio nacional.

Que el artículo 81 de la Carta Política prohíbe la introducción al territorio nacional de residuos nucleares y de desechos tóxicos.

Que para tal efecto, conforme al numeral 39 del artículo 5 de la Ley 99 de 1993, es función del Ministerio del Medio Ambiente dictar regulaciones para impedir la introducción al territorio nacional de residuos nucleares y desechos tóxicos o subproductos de los mismos.

Que es igualmente indispensable establecer como regulación de carácter general, aplicable a toda actividad susceptible de producir riesgo para la salud humana y deterioro a los recursos naturales y al medio ambiente y para prevenir y controlar los efectos contaminantes, la prohibición de introducir residuos peligrosos al territorio nacional.

Que en consulta con el Ministerio de Salud se ha elaborado la presente resolución, de conformidad con el artículo 5 parágrafo 1 de la Ley 99 de 1993.

6.3.10. RESOLUCION 2115 DE 2007

Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

6.3.11. RESOLUCIÓN 909 DEL 5 de junio de 2008

La presente resolución establece las normas y los estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para fuentes fijas, adopta los procedimientos de medición de emisiones para fuentes fijas y reglamenta los convenios de reconversión a tecnologías limpias

6.3.12. DECRETO 2150 de 1995

CAPÍTULO XII. Solicitud de la Licencia ambiental llevará implícitos todos los permisos, autorizaciones y concesiones de carácter ambiental, necesarios para la construcción, desarrollo y operación de la obra, industria o actividad.

6.2.11 RESOLUCION 619 DE 1997.

Por la cual se establecen parcialmente los factores a partir de los cuales se requiere permiso de emisión atmosférica para fuentes fijas. Capítulo III

Que corresponde al Ministerio del Medio Ambiente, de acuerdo con por los [núm. 2, núm. 10 y núm. 11 del artículo 5 de la Ley 99 de 1993], regular las condiciones generales para el saneamiento del medio ambiente y el uso, manejo y aprovechamiento de los recursos naturales con el fin de mitigar o eliminar el impacto

de actividades contaminantes del entorno, determinar las normas ambientales mínimas y las regulaciones de carácter general aplicables a todas las actividades que puedan generar directa o indirectamente daños ambientales.

6.3 METODOLOGIA

6.3.1 ZONA DE ESTUDIO

Este proyecto está enfocado en el predio alto el retiro de la vereda panamá, ubicada en el municipio de Soacha siendo parte del primer corregimiento a 3 km del casco urbano, en donde se encuentra la empresa Recuperación De Metales S.A.S, en la cual se ejecuta la recuperación del plomo a partir del reciclaje de baterías acido-plomo de manera informal desde hace aproximadamente 20 años. (Ver ilustración 3)

Ilustración 3. Mapa de Soacha (Vereda Panamá)



Tomado de: A, mapa de las comunidades de Soacha, 2014; B, Google Earth Pro.

6.3.2 ASPECTOS AMBIENTALES.

Tomándose como referencia el rango de propagación de las partículas de plomo en el aire del proyecto “Determinación de metales pesados Cadmio, Níquel, Plomo y Zinc en la zona de influencia del relleno sanitario de Sonsonate, el Salvador” elaborado por Luisa Mendoza et al 2017, se desarrolló un estudio de los factores con mayor exposición a las emisiones generadas por el horno, posteriormente se ejecutó el análisis de la distancia que hay de la fundidora a los factores con exposición como comunidades aledañas, determinando el asentamiento humano, la actividad económica, centros educativos y parque que se encuentren en la población, fuentes hídricas cercanas.

6.3.3 REDISEÑO

Para el desarrollo del rediseño se realizó la identificación de las piezas a mantener las cuáles serán los principales componentes para tomar en cuenta. Como no existe una metodología para el rediseño se determinó que se ejecutara el método de George Dierter en donde se generan fases o pasos para la creación de un diseño del producto.

La primera fase se desarrolló a partir de investigaciones previas dirigidas a las empresas recuperadoras de plomo de la vereda panamá las cuales corresponden al “diseño de un manual de seguridad industrial para empresas fundidoras de metales no ferrosos “ de Alejandra Cárdenas y Ximena Piñarte en el 2017 y la “propuesta de diseño de planta para empresas recuperadoras de plomo a partir de baterías usas de automóviles en Soacha Cundinamarca” de Mauricio Gualdrón y Daniela Reyes 2016; en donde proponen el rediseño del horno fundidor de plomo de la empresa Recuperación de metales SA. Por consiguiente se generó una visita a la empresa para corroborar el rediseño y determinar los factores a estudiar, los cambios necesarios y los componentes del horno de fundición, en esta se ejecutó un registro fotográfico y una recolección de información en donde establece que la

necesidad del horno es la mitigación y control de emisiones contaminantes, a la atmosfera y a los empleados.

En la segunda fase se determina la principal problemática del horno y se ejecuta una lista de chequeo que muestra los parámetros para el diseño y operación de un horno cubilote y hay identificar las falencias y mejoras a realizar en el rediseño.

La tercera y cuarta fase se desarrolló la búsqueda de información para determinar los parámetros que determinaron la altura y el diámetro del rediseño; así mismo se establecieron la piezas a agregar y quitar para el diseño del horno, por medio de esta y del análisis de la información primaria se determinan los componentes de los materiales a utilizar generando análisis por matrices de decisión.

Lo que genera que en la quinta y sexta fase del método se plantea el rediseño por medio del software solidwork el cual se determinó por su capacidad de modelación y detalle, en este se establecen los componentes, las medidas de cada pieza, la modelación del horno actual, mostrando la estructura, las fugas, la falta de material refractario entre otros dando base a la creación de nuevas piezas y mecanismos para dar solución a la principal necesidad que posee el horno, para así establecer el rediseño ejecutando la simulación del horno con los nuevos componentes y mecanismos con su funcionamiento.

6.3.4 MATERIALES

Identificados los componentes y materiales a incluir en el rediseño se utilizó una combinación de los métodos para seleccionar los materiales.

Basándonos en las partes reutilizadas el horno actual que han mostrado un buen funcionamiento, en bases de datos de empresas y encontradas por la web se establecieron las tablas de decisión donde se mostraron los factores básicos a considerar para la selección de estos. Garantizando el mejoramiento del horno y la mitigación de emisiones de partículas de plomo al ambiente.

6.3.5 PROYECCIÓN DE COSTOS

Para comprobar que el rediseño es rentable para la organización se ejecutaron cotizaciones de cada uno de los componentes y materiales a utilizar. Y así ejecutar una proyección de costos en donde se establecieron los elementos a adquirir, la cantidad, el valor unitario, valor total por elemento, determinando la inversión final de la empresa para el rediseño.

6.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.4.1 ASPECTOS AMBIENTALES.

6.4.1.1 ATMOSFERICOS

Para establecer una distancia del impacto referente al material particulado generado por las empresas de fundición, expuesto principalmente por las corrientes de aire y lluvias en el municipio de Soacha, se determinó un rango de 1500 metros; tomando como referencia la propagación de las partículas de plomo en el aire del proyecto “Determinación de metales pesados Cadmio, Níquel, Plomo y Zinc en la zona de influencia del relleno sanitario de Sonsonate, el Salvador” elaborado por Luisa Mendoza et al 2017.

En donde se ejecutó un análisis de distancias que surge de la recomendación de “realizar estudios ambientales que determinen las emisiones generadas por el sector de la función, ya que estos resultados permitirán medidas de control frente al riesgo inminente que se está presentando” (Cárdenas A, Piñarte X, 2017); en donde se evidencian los principales barrios y la distancia que estos tienen de la empresa recuperación de metales S.A (Ver anexo 9), generando el análisis de los principales componentes que se puedan ver afectados, mostrando las comunidades y las

características que poseen como lo son: la actividad económica, los centros educativos, parques, las zonas y comunidades más vulnerables afectadas por la exposición al plomo de las empresas fundidoras (Ver tabla 2).

Tabla 2 Análisis de Distancias

 EXPOSICIÓN AL PLOMO UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA ING. INDUSTRIAL EXT. SOACHA 2017				
Localidades que tienen exposición al plomo en el aire en un rango de 200 a 1500 metros				
Barrios				
Distancia de exposición.	Comunidad	Asentimiento humano	Actividad económica	Centros educativos, Parque, Entre otros
370 M	Los Manzanos	Invacion	Sector terciario: servicios, tiendas de venta de productos, restaurantes.	
1,052 M	El Molino	Poca urbanización, vivienda rural, invasión.	Sector primario: explotación de arena, siembra.	
481 M	Altos de la florida	vivienda rural, invasión	Sector secundario: trabajadores independientes.	Extensión del Colegio Eduardo santos
1,432 M	El Altico	vivienda urbana	Sector terciario: servicios, tiendas de venta de productos, restaurantes.	Colegio nuestra señora del Carmen Soacha, I E Eduardo Santos sede panamericana,
1,020 M	La Cristalina	vivienda urbana	Sector terciario: servicios, tiendas de venta de productos, restaurantes.	Centro educativo manos unidas
1,117 M	La Florida	vivienda urbana	Sector terciario: servicios, tiendas de venta de productos, restaurantes.	Colegio Eduardo Santos sede b, club deportivo Aqua, Iglesia cristiana fundación.
1,171 M	El Paraíso	vivienda urbana	Sector terciario: servicios, tiendas de venta de productos, restaurantes.	Instituto Tecnológico los Andes
1,060 M	San Carlos	vivienda urbana	Sector terciario: servicios, tiendas de venta de productos, restaurantes.	Polideportivo de san Carlos.
Distancia de exposición.	Parques naturales			
996 M	Parque natural CAGUA			
Distancia de exposición.	Otros			
1,160 M	Tanques de agua fundación proyectos de vida			

Fuente propia

Se estableció un gráfico de barras de las distancia de exposición (Ver anexo 31) como herramienta para determinar que la invasión LOS MANZANOS ubicada a 370 metros de distancia, es la comunidad más vulnerable y expuesta a las partículas contaminantes originadas por las empresas, siendo una de las zonas con más impacto ambiental debido a que su alrededor hay grandes empresas de fundición y explotación minera, igualmente comunidades como altos de la florida y el parque natural Cagua, también presentan una alta exposición a las partículas por su cercanía a estas, afectando la salud de las personas que conviven y que participan en actividades recreativas que se promueven en ellas, lo cual se evidencia en estudios que se ejecutan en 8 empresas del municipio con una muestra de 68 trabajadores que poseen un rango de edad de 22 a 72 años, determinando que el 61.19% poseen un cuadro clínico compatible por la intoxicación crónica por plomo (Díaz A, 2011); de igual manera se encontraron niveles altos de plomo en 32 niños menores de 12 años cuyos padres se desempeñaban en el reciclaje informal de plomo, de los cuales dos tercios resultaron con intoxicación severa (Idrovo A, 2012)

6.4.1.2 AGUA.

Ilustración 4. Recorrido rio Soacha



Tomada de Google eart

Por medio del desarrollo de un estudio de factores y la observación directa se estableció que existe una fuente hídrica, el cauce del río Soacha con una aproximación de 328 metros a la empresa recuperación de metales S.A (ver anexo 11), el cual nace en el páramo Sumapaz específicamente en piedra pintada lugar que hace parte de la vereda Hungria y tiene un recorrido de 17 km hasta su desembocadura en el río Bogotá específicamente en los límites entre la vereda Bosatama y Canoas ; los primeros 6 kilómetros del recorrido hacen parte de la zona rural del municipio compuesto por las veredas Hungria, San Jorge y Fusunga; los 11 km restantes hacen parte del casco urbano del municipio en donde se encuentran, los barrios San Humberto, Compartir, Soacha Centro, Tejares, Danubio, La amistad, Potrero Grande, Ciudad Verde y Bosatama (Ver Ilustración 5). Por lo cual, al desarrollar el estudio de factores e investigación primaria en el cauce del río Soacha y la desembocadura de este, se estableció que posiblemente se presentan altos niveles de plomo en el agua; Teniendo en cuenta, estudios realizados por Andrés Bonilla y Andrés Lozano en el nacimiento de agua de la vereda Villanueva en donde identifican un nivel de plomo de 0,9 mg/l, el cual sobrepasa el nivel máximo establecido en la resolución 2115 de 2007, que es de 0.01 mg/L. Asimismo se identificó que en el punto de desembocadura existen altos niveles de metales pesados como plomo en las plantaciones de lechuga ('Coolguard'), apio ('Tall Utah'), repollo (híbrido Delus) y brócoli (híbrido Legacy) que utilizan como medio de riego estas fuentes hídricas, dando como resultado que la principal hortaliza que presento un nivel superior de plomo en su tejido foliar es la lechuga con un 0.74 Ppm superando los límites de la normatividad de la unión europea para el año 2007, la cual está determinada de 0.01 Ppm en hortalizas frescas. (Agencias de noticias UN, 2009)

Ilustración 5. Cause Rio Soacha Vereda Panamá



Tomada de fuente propia.

6.4.1.3 ASPECTOS OCUPACIONALES

Como se evidencia en la tesis DISEÑO DE UN MANUAL DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA EMPRESAS FUNDIDORAS DE METÁLES NO FERROSOS de Alejandra Katherine Cárdenas Bogotá y Ximena Del Pilar Piñarte Ardila de la Universidad de Cundinamarca en el 2017 La fundidora Recuperación de metales S.A es la organización con la mayor problemática en seguridad como salud ocupacional de las estudiadas en el proyecto, debido a que funde plomo y no le brinda a sus empleados una óptima y adecuada dotación de EPP; el 100% de los empleados que respondieron a las encuestas de la investigación cuentan con botas de cuero, mascara y tapabocas, el 50% con cuello monja en tela y overol, pero solo el operario encargado de cargar el horno y quien deposita la colada en los moldes tienen peto. Sin embargo se resalta que el día de la visita en que se realizó la encuesta los empleados no tenían sus EPP.

Así mismo se observa que de los empleados encuestados el 47% dicen haberse realizado pruebas de sangre una vez al año, el otro 47% dice que dos veces al año, y el 6% restante no se realiza. Esto indica que hay trabajadores que pueden estar

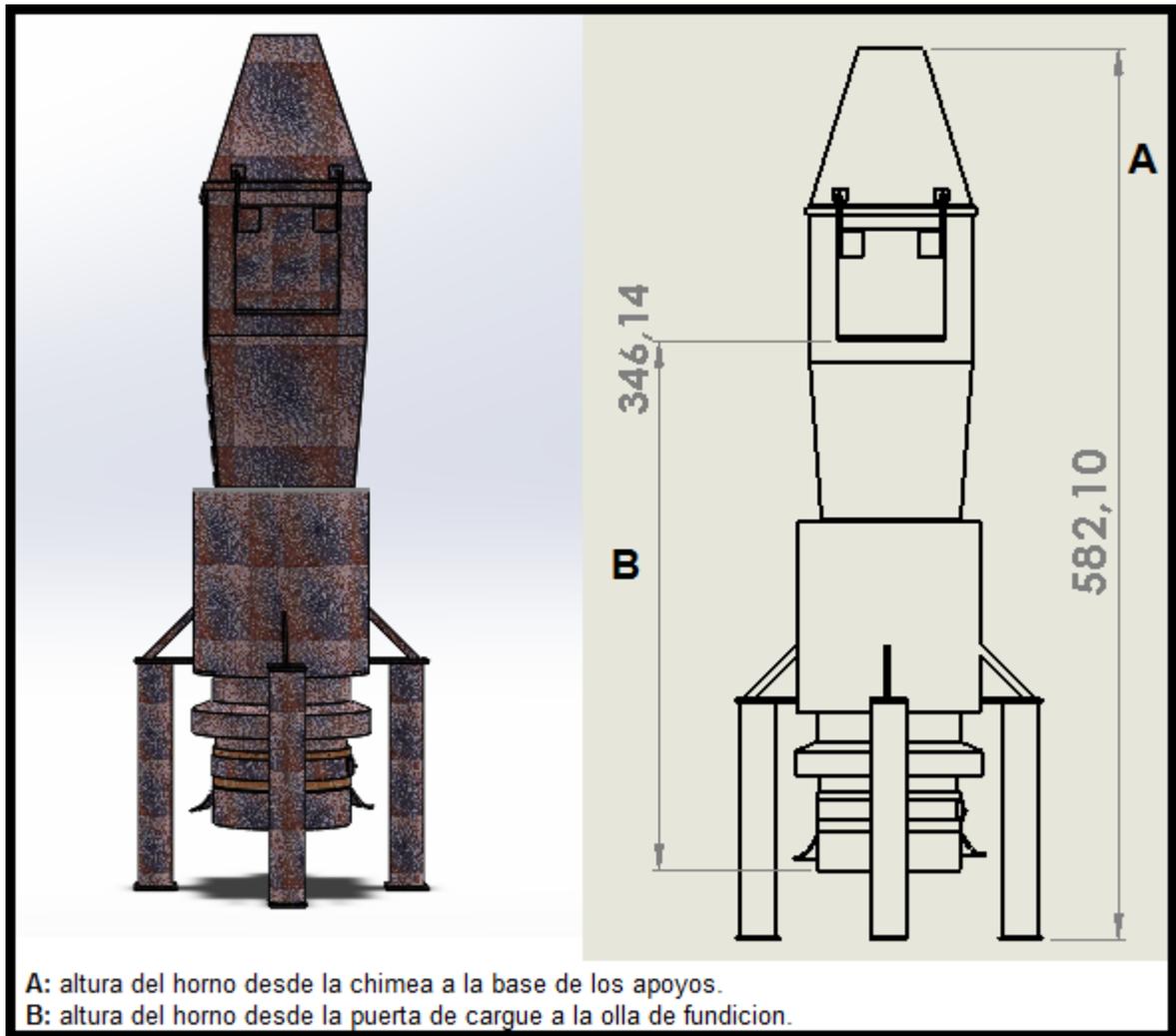
presentando niveles altos de metales en la sangre u otro tipo de enfermedad y no se está controlando

6.4.1.4 ESTADO ACTUAL DEL HORNO

Por medio de la observación directa y la verificación de una lista de chequeo se encontraron los principales daños y deficiencias que posee el horno de fundición de plomo de la empresa recuperación de metales S.A.S, entre los cuales encontramos las fugas, la desviación del cilindro y el tamaño de la puerta de cargue, la falta de una solera en la olla de fundición, los derrames de plomo, el inadecuado revestimiento, entre otras; lo que llevo a la realización de un boceto y la modelación del estado actual del horno de fundición en un software por medio del registro fotográfico obtenido, en donde se determinaron las medidas de cada componente.

Se encontró que el horno de fundición está compuesto por cinco (5) partes principalmente, las cuales son la: La chimenea, el cilindro de fundición, el cilindro de cargue, los apoyo y la olla de fundición. Se determinó que el horno posee una altura de 582.10 cm de alto desde la bases de los apoyos hasta la chimenea (Ver ilustración 6) En donde se detectaron fugas, averías y daños en cada una de ellas que permiten el escape de gases con partículas de plomo generando gran consecuencia a la salud de sus empleados, población y al medio ambiente.

Ilustración 6. Modelación horno cubilote actual



Tomado de: Fuente propia, modelación en Solidwork.

También se determinó que la escoria del horno de fundición, la cual contiene grandes cantidades de plomo, es almacenada, vendida o utilizada para el mantenimiento de los caminos y carreteras de la población (Ver ilustración 7), generando como efecto, que la tierra con cercanía a las empresas de fundición posee altos niveles de contaminantes, superiores a los niveles permitidos en la tierra que corresponde a 25 MgPv/kg (Duarte, 2011), fomentando a la posibilidad de encontrar estos niveles en cultivos, siembras que se desarrollen en el municipio (Ver Anexo 1).

**Ilustración 7. Relleno de vías vereda
panamá**



Fuente propia.

6.4.1.4.1 CILINDRO DE CARGUE Y CHIMENEA

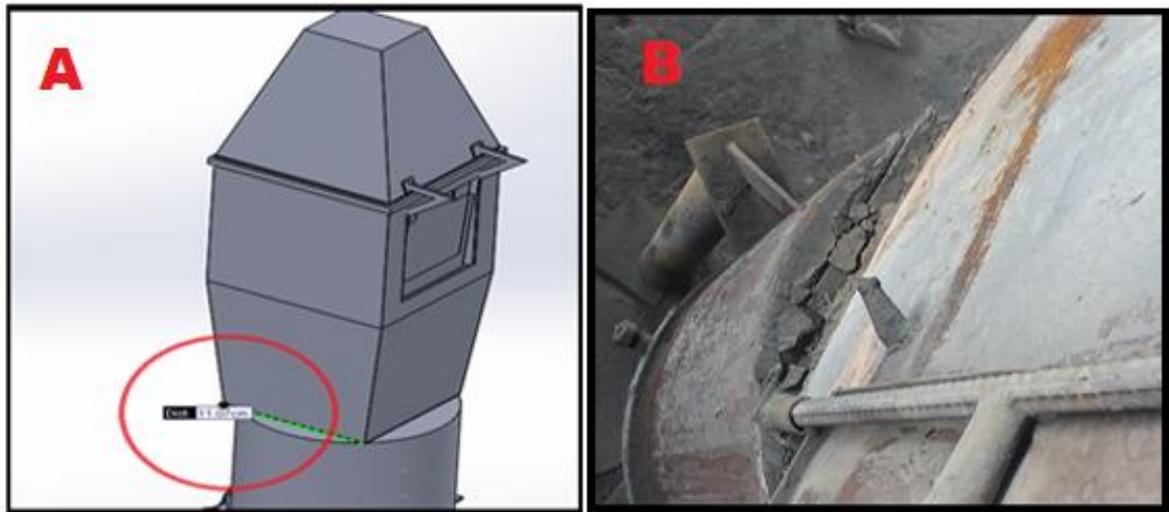
El cilindro de cargue como su nombre lo dice cumple con la función del cargue de material de fundición y la chimenea la expulsión de los gases contaminantes producidos, los cuales son guiados a filtros manga que desarrollan el proceso de filtración de contaminantes y liberación de estos gases.

Por medio de las visitas, la lista de chequeo y la observación, se estableció que el cilindro no cuenta con el adecuado revestimiento, lo que produce que la lámina de 2 cm de grosor se caliente y produzca dilataciones del metal, lo que lleva al quiebre de este, produciendo fugas de gases con partículas de plomo.

se estableció que el cilindro de cargue posee un inadecuado ensamble sobre el cilindro de fundición, ya que posee una desviación de 11 cm (Ver anexo 3), lo cual fue producto de un choque con maquinaria pesada (montacargas) generado en un

momento de remodelación, lo que produjo una fuga de 4.63 cm de ancho, la cual es cubierta con barro para evitar la exposición del gas contaminante en el proceso de fundición. (Ver ilustración 8 b)

Ilustración 8. Desviación del Horno A y B



A. Modelación Solidwork. B. Tomada Fuente propia

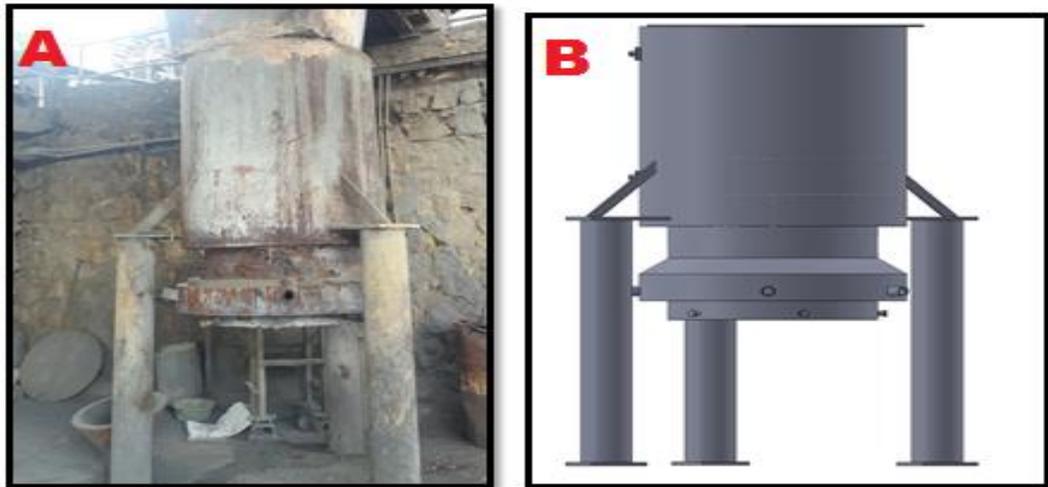
En la compuerta de cargue se encontró que hay una obstrucción en los brazos, lo cual impide el cierre completo de esta, además posee medidas inadecuadas para el método de cargue (manual) que utilizan, ya que tiene una abertura de 73 cm de alto y 70 cm de ancho (Ver anexo 39), ocupando gran parte de la cara principal, lo que produce exposición del trabajador a los gases con partículas de plomo al momento de cargar el material(Ver anexo 4).

No tiene una plancha inclinada en la boca del cargue la cual tiene como funcionalidad facilitar el cargue manual del material a fundir; lo que ha generado enfermedades laborales), como problemas neuronales, el saturnismos, entre otras. En donde se establece que el saturnismo afecta a 35% de quienes trabajan en fábricas de baterías, 14.6% de quienes lo hacen en fundición, imprentas y con cerámica, también se han encontrado niveles de plomo en sangre por arriba de 66 $\mu\text{g}/\text{dl}$ en 51% de los trabajadores de baterías en Soacha, (Díaz A, 2011). Y por el

inadecuado e ineficiente uso de las herramientas de protección personal como se comprueba a en la tesis “ Diseño de un manual de seguridad industrial para empresas fundidoras de metales no ferrosos”, estableciendo que el 67% de los empleados no hacen uso de los elementos de protección personal (Cárdenas A, Piñarte X, 2017), lo que promueve la generación de emisiones contaminantes y altas temperaturas causando enfermedades laborales como problemas neuronales, el saturnismos, entre otras. En donde se establece que el saturnismo afecta a 35% de quienes trabajan en fábricas de baterías, 14.6% de quienes lo hacen en fundición, imprentas y con cerámica, también se han encontrado niveles de plomo en sangre por arriba de 66 $\mu\text{g}/\text{dl}$ en 51% de los trabajadores de baterías en Soacha, (Díaz A, 2011).

6.4.1.4.2 CILINDRO DE FUNDICIÓN.

Ilustración 9. Cilindro de fundición



A. Tomada fuente propia B. Modelación Solidwork

El cilindro de fundición en donde se controla y ejecuta el proceso de fundición del plomo, este no contiene un revestimiento interno de ladrillo (Ver ilustración 9), pero si cuenta con un cilindro refrigerante por donde pasa un flujo de agua que es

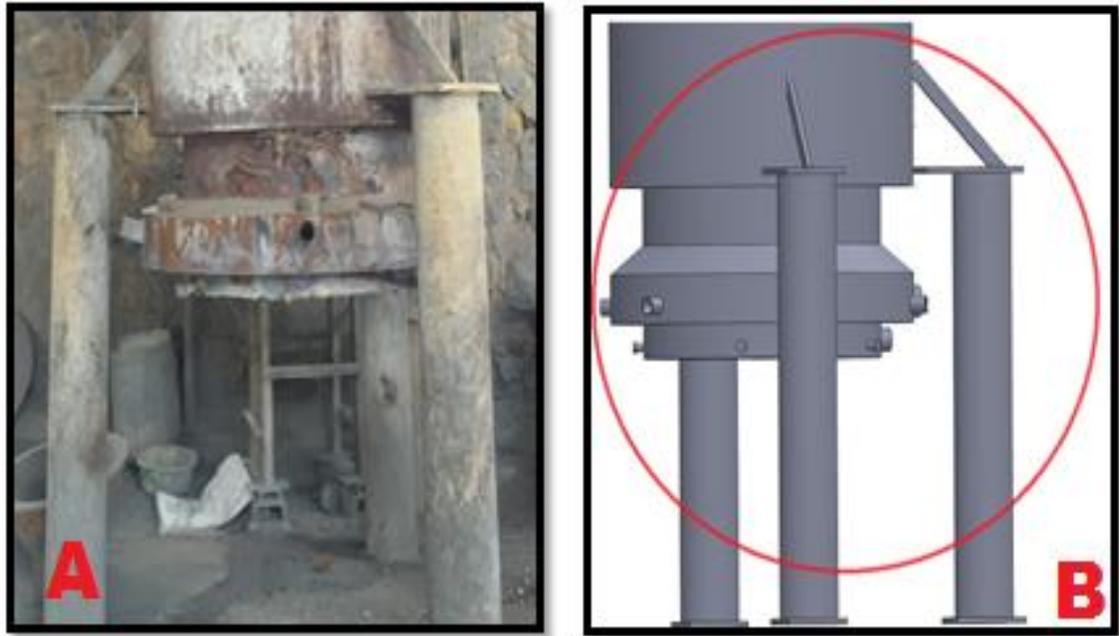
impulsada por bomba (Ver anexo 5) para mantener la temperatura necesaria en el horno. Así mismo en la parte posterior posee un ventilador que genera una corriente de aire la cual está encargada de la combustión del coque y de mantener el proceso de fundición controlado evitando ahogos del cilindro (Ver anexo 6).

También cuenta con seis (6) toberas de las cuales cinco (5) están en funcionamiento, una fue completamente sellada por decisión del empleador, en estas se identificó que no poseen una distancia ni inclinación adecuada para proporcionar un control de la llama y la temperatura del horno en el proceso de fundición; a pesar de esto cuenta con cristales en donde el empleado controla y observa el proceso (Ver anexo 7). Este tiene 5 desagües que cumple con la función de verter el agua almacenada o sobrante del proceso refrigerante, en donde se desarrolla una circulación de agua constante, en estos desagües se detectó un goteo constante de agua la cual contiene residuos de la fundición. (Ver anexo 8)

6.4.1.4.3 APOYO

Se determinó que el horno tiene 3 apoyos, los cuales son vigas de concreto con unas dimensiones 103.73 cm de altura desde el piso y un grosor de 23 cm de diámetro, con un soporte en lámina de 2 cm de grosor, en la parte inferior con medidas 28,11 x 24 cm, asimismo maneja una plancha en la parte superior a una distancia desde el soporte de 153cm, esta plancha tiene longitudes de 40 x 24 cm x 2 cm y un brazo de 36.74 cm de altura con un espesor de 5 cm y una inclinación de 45° desde la plancha superior (Ver anexo 40). Por lo cual presenta una gran resistencia y soporte al cilindro de fundición. (Ver ilustración 10)

Ilustración 10. Patas o Apoyos A y B



A. Tomada fuente propia B. Modelación Solidwork

6.4.1.4.4 OLLA DE FUNDICIÓN.

La olla de fundición es el principal componente del horno ya que en ella es donde se almacena el coque y el material a fundir, es donde se hace la fundición y por donde se extrae el plomo y la escoria, por lo cual debe ir muy bien estructurada para mantener las emisiones contaminantes, los desechos y el material. Esta tiene un recubrimiento en ladrillo con una mezcla de arena y cemento lo cual sirve para evitar el quiebre de la lámina y dos piqueras para la salida de la escoria con una inclinación de 25° y 40° grados. En el horno de fundición de la empresa Recuperación de metales S.A, se identificó que no posee una solera, que es una cama de arena o ladrillo presionada con una inclinación de 10° grados para que se efectuó de manera eficiente el escurrido del plomo, aparte de eso es necesaria una cama de ladrillos

que tiene como función el recubrimiento de la lámina para evitar el calentamiento y la dilatación térmica, (Ver ilustración 11).

Ilustración 11. Olla de fundición



A. Tomada fuente propia B. Modelación Solidwork

Debido a que la olla es removible y se cambia cada vez que se llena de escoria seca lo único que es reutilizado son las láminas. El traslado de ella se hace por medio de un carro, el cual gradúa la altura necesaria de la olla, por medio de tornillos incorporados a sus extremos para un adecuado encaje en el horno (Ver ilustración 12) cuando la olla se encuentra en posición el trabajador baja la parte frontal de la olla utilizando el carrito para generar una inclinación aproximada de 10° que ayuda a que el metal salga más fácil del horno, generando entre el cilindro de fundición y la olla una separación entre 5 y 15 cm, la cual es cubierta con barro para evitar las emisiones.

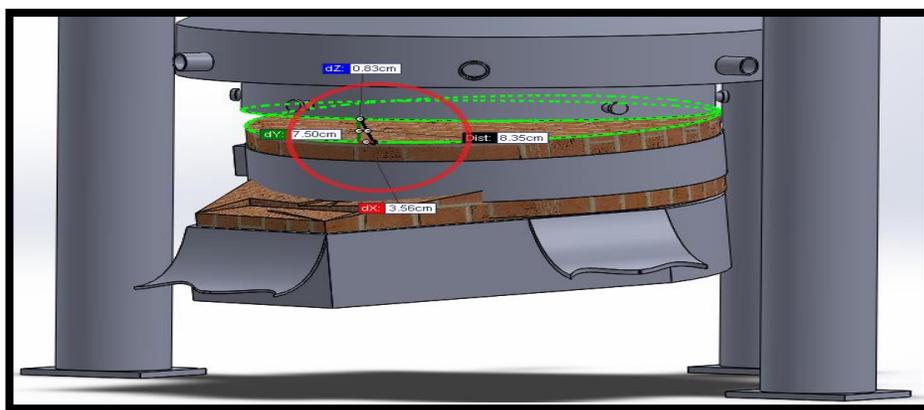
Ilustración 12. Carro de la olla



Tomada de fuente propia

De la misma manera cualquier fuga detectada por los empleados es cubierta con barro, el cual es un componente aislante resistente a altas temperaturas pero no es del todo efectivo por que continua saliendo emisiones con partículas del metal siendo un método cuestionable y artesanal. (Ver ilustración 13)

Ilustración 13. Fuga olla- cilindro de fundición



Tomado de Modelación Solidwork

6.4.2 REDISEÑO

Se establecieron diversos cambios teniendo en cuenta el método Dieter el cual desarrolla fases para el diseño de un producto en donde se establece la detección de la necesidad y principal problemática como las dos primeras fases, aspectos que se han evidenciado en el desarrollo del diagnóstico anterior, las otras cuatro fases que se basan en la recolección, conceptualización, evaluación y comunicación, se determina por medio de los estudios, en donde se establecen los cambios y factores que darán paso a la toma de decisiones del rediseño:

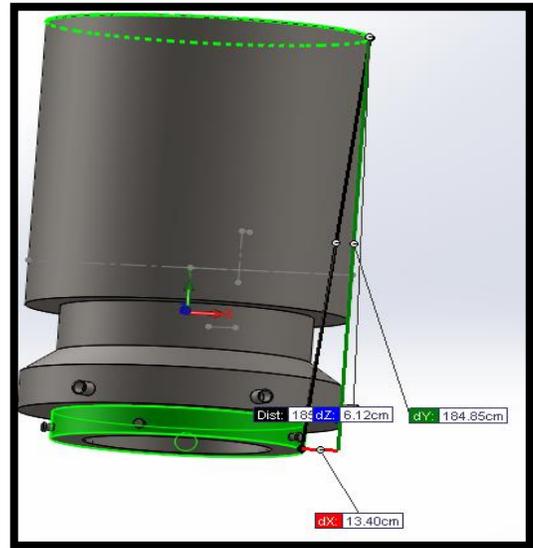
Tabla 3. Cambios y factores del rediseño

Cambios.	Parámetros.
1. Eliminación del cilindro de cargue.	<ul style="list-style-type: none">• Inadecuado revestimiento• Dilataciones del metal• Desviación de 11 cm• Área del cargue
2. Modificación de la olla	<ul style="list-style-type: none">• Inclinação de la Solera
3. Creación de un mecanismo de cargue y control de emisiones.	<ul style="list-style-type: none">• Compartimiento adicional• Disminución de exposición a los empleados.

Fuente propia.

Determinando que las piezas a mantener son: la chimenea, apoyos, olla de fundición y el cilindro de fundición (Ver ilustración 14). En donde el cilindro es la principal pieza a reutilizar, debido a que este posee mínimos daños, por lo que se establece que las medidas que maneja serán base para ejecutar el rediseño y las modificaciones que se desarrollen. Por este motivo las dimensiones a tener en cuenta son:

- Altura: 184cm
- Diámetro de cilindro de enfriamiento: 120 cm
- Altura del cilindro de enfriamiento: 125 cm
- Diámetro externo: 94 cm
- Diámetro interno: 70 cm
- Altura de las toberas: 7 cm
- Diámetro de las toberas: 6 cm
- Diámetro de caja de viento: 120cm
- Diámetro Tubo de soplo: 9 cm



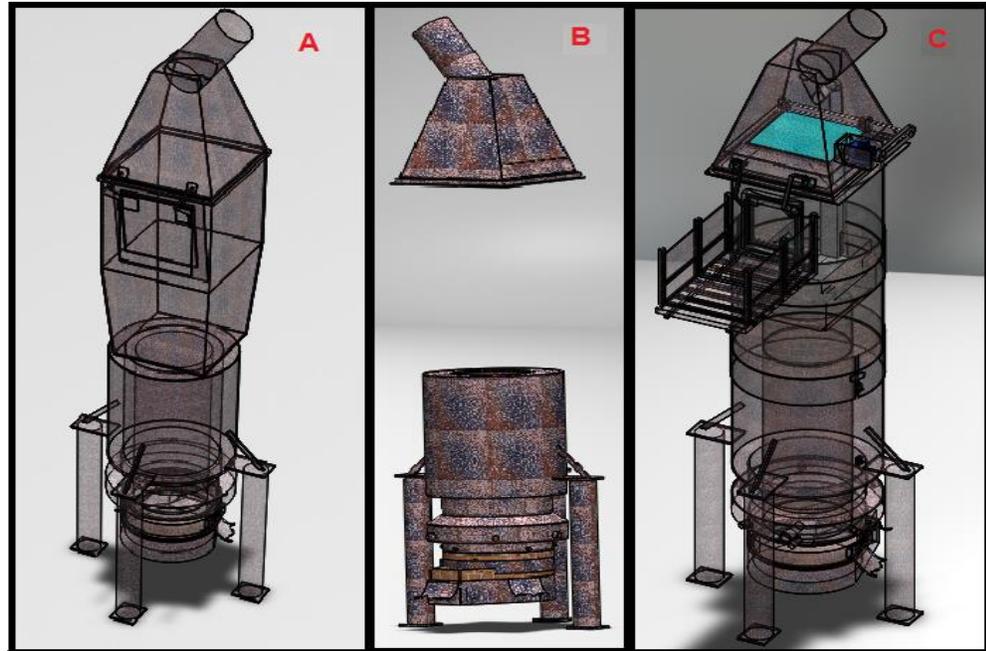
Por lo cual se tomó en cuenta la practica fusión de metales ferrosos, ejecutada en el instituto politécnico nacional y el centro de estudios científicos y tecnológicos “Miguel Bernard” en donde otorga en tabla 2 de las medidas típicas del horno de fundición.

Esto se tomó como referencia para establecer la altura adecuada del horno de cubilote según el diámetro interno del cilindro de fundición. La cual se compone desde la unión de la olla de fundición hasta la boca de carga. Por lo cual según las medidas establecidas anteriormente, el cilindro de fundición posee un diámetro interno de 70 cm o 27,6 pulgadas (ver Anexo 45). Lo que genera según la tabla 3, que la altura adecuada se encuentra entre 8 a 12 pies que sería entre 243.84 a 365.76 cm.

Para establecer esta altura en el rediseño se ejecuta el primer cambio señalado en el tabla 2 en donde se elimina la cilindro de carga por completo y se cambia por dos cilindro de lámina galvanizada calibre 14 (ver anexo 46,47) con un diámetro de 120 cm y una altura de 98 y 102 cm de alto, lo cual genera una coraza integral y uniforme.

Dando como resultado una capacidad de fusión de 1 a 5 toneladas por hora o de 3 a 10 toneladas por lote (ver tabla 1)

Ilustración 14. Hornos A, B, C

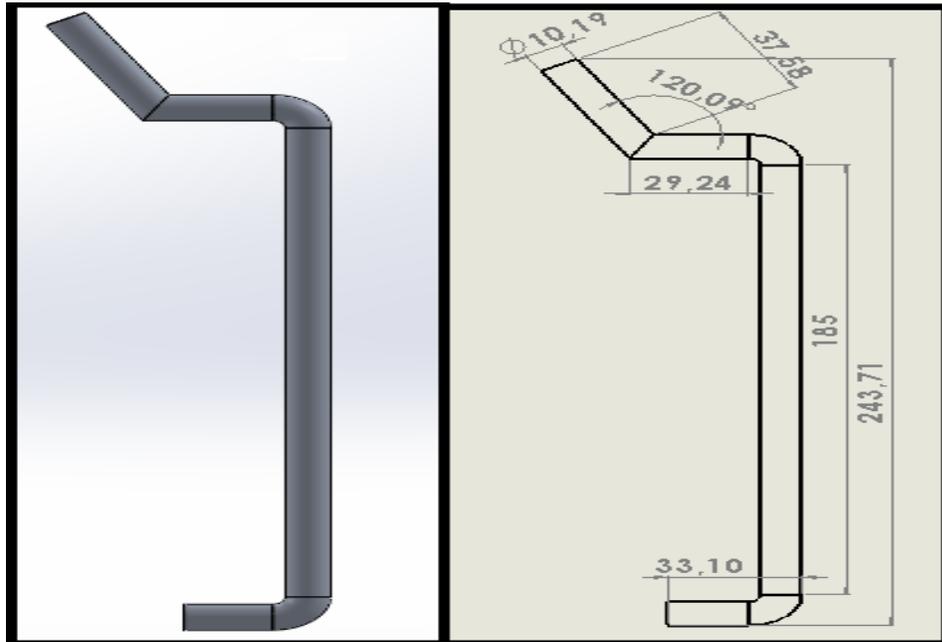


A. Horno actual B. piezas a mantener C. Rediseño

6.4.2.1 TUBERIA DE ESCAPE DE GASES.

Se implementó una tubería de 10.19 cm de diámetro externo con un alto 243.17 cm y dos brazos, uno en la parte inferior de 33.10 cm y otro el superior de 29.24 con una extensión de 37,58 cm la cual posee un Angulo de 120° (ver anexo 38), con el fin de generar una vía de escape de los gases que genera el horno cuando el mecanismo de cargue se encuentre activo, esto evita que el horno cuando se encuentre en funcionamiento se llegue a ahogar y provoque daños y paros en el proceso de fundición (Ver ilustración 15)

Ilustración 15. Tubería escape de gases



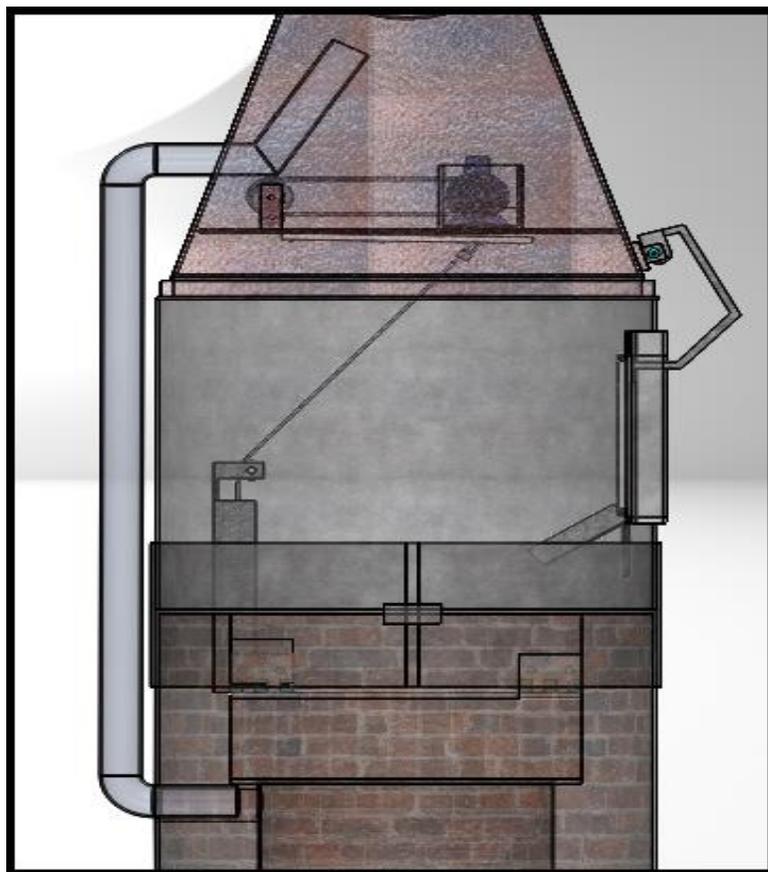
Modelación Solidwork

6.4.2.2 CHIMENEA.

- Se creó un compartimiento para el motor con una medida de 24 x 20 x 18 en la parte frontal – izquierdo de la chimenea a una distancia de 21 y 15 cm de los bordes, este posee una tapa con lamina perforada con el fin de mantener la circulación del aire y evitar que el motor adquiriera suciedad y esto provoque un daños. (Ver anexo 41)
- Se implanto una lámina de 1 cm de ancho para la compuerta de la chimenea que se encuentra a una altura de 21 cm desde la planta, con unas medidas de 101 x 94 cm. Esta lámina fue perforada para la creación de un espacio con medidas de 94 x 65 cm, en el cual se establecerá la compuerta del mecanismo para el control de gases.
- Se añadieron dos columnas en las esquinas inferiores del compartimiento con el fin de establecer un soporte para los ejes de los engranajes.

- Se implementó un agujero para el eje mecanismo en el perfil izquierdo de la chimenea con un rodamiento de 1.5 cm de diámetro central el cual aportara un sellado de gases y un adecuado movimiento para el eje del mecanismo, este agujero se encuentra a 83.77 cm de distancia del perfil frontal.
- Se implanta una perforación en el perfil posterior de 10 cm de ancho en el cual se inserta el tubo ilustración 16 de escape de gases con el fin de que los gases pasen por medio de este.

Ilustración 16. Conexión tubería rediseño



Modelación Solidwork

6.4.2.3 CILINDROS DE CARGUE.

Se determinaron dos cilindros nuevos a añadir en acero galvanizado calibre 14 con 2 cm de grosor, poseen 2 cinturones de 120 cm de diámetro interno y un unión con 2 tornillos para su ajuste los cuales son usados para asegurar e inmovilizar el horno y prevenir fugas, aspectos seleccionados por su durabilidad y resistencia. El primer cilindro pose un diámetro externo e interno de 120 y 118 cm respectivamente (ver anexo 13) y una altura de 97 cm este posee una boca de cargue se establece como una compuerta más pequeña que la existente a una distancia de 10cm del perfil izquierdo y 27 cm de la base del cilindro, esta posee unas medidas externas de 50 x 60 x 9 cm e internas de 46 x 50.4 x 9 cm (Ver Anexo 46)

El segundo cilindro de cargue es relleno con revestimiento de ladrillos refractarios, este posee un diámetro externo e interno de 120 y 118 respectivamente, también posee un agujero de 10.16 cm a una distancia de 42 cm de la base y 60 del perfil izquierdo (Ver anexo 47) en el cual se incrusta la tubería de escape de gases en su parte inferior ya que esta conecta con el cilindro central de fundición. (Ver Anexo 14)

6.4.2.4 PLANCHA INCLINADA DE CARGUE.

Por medio de la lista de chequeo se identificó que no poseía una plancha inclinada para el cargue, por lo cual se diseñó con el fin de que en el momento en el que el empleado realice el cargue del horno de forma manual no exista un contacto directo con el horno y el material fluya con mayor facilidad. Esta plancha maneja unas medias de 48 cm de largo, 23.92 cm de ancho, 17.27 cm de alto en la parte externa, un grosor de 1 cm, 46 x 20.48 en su parte interna y una inclinación de 45°. (Ver Anexo 15)

6.4.2.5 PUERTA DE CARGUE.

La puerta de cargue posee unas medidas de 50 x 46 x 2 cm ensamblándose de una forma efectiva con la compuerta de cargue. Esta posee dos brazos que generan el movimiento hacia el interior del horno por medio de dos tornillos que son la unión de la chimenea y el cargue. Los brazos manejan unas medidas de 10 cm de separación de la puerta y posee 4 partes más, las cuales corresponden a la primera con 22 cm de largo y un inclinación de 129.52°, la segunda con 31.45cm de largo con una inclinación de 114.92°, la tercera con una distancia hacia la derecha o izquierda de acuerdo al brazo con 10cm de largo, una placa de conexión con los tornillos de la chimenea.(Ver anexo 43) y por ultimo 3 burletes que cumplen con la función de evitar cualquier paso de gas contaminante por la puerta. (Ver Anexo 37) Aspectos que se implementaron para la disminución de exposición y el control en el momento de ejecutar el cargue ya que la boca de carga se establece según el diámetro interno del horno (Miguel Bernard, 2011), por lo cual el horno al tener un diámetro de 70 cm, le corresponde unas dimensiones a la boca de cargue de 20 x 24 pulgadas. (Ver Tabla 1)

6.4.2.6 REVESTIMIENTO

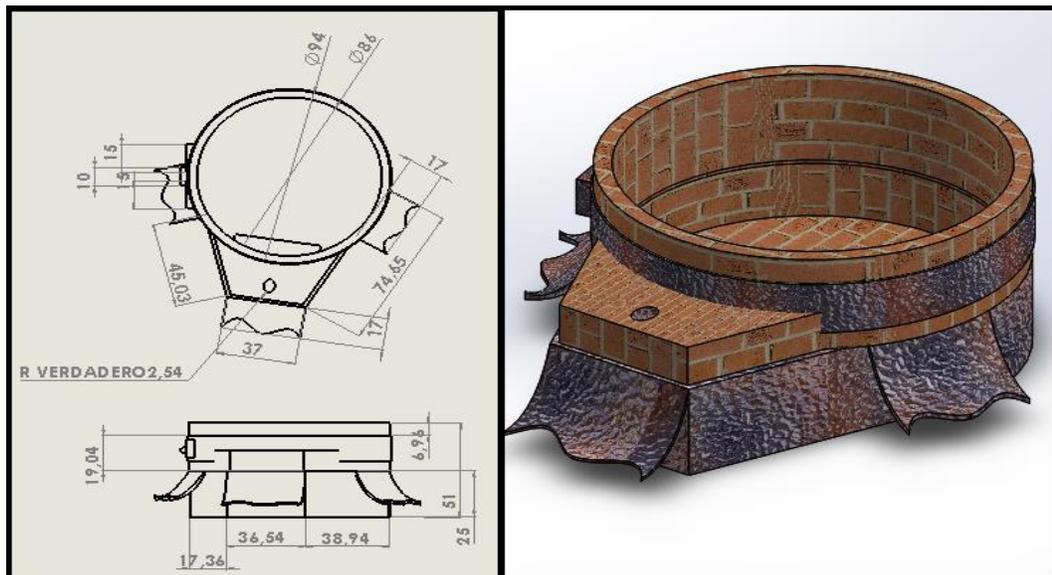
Por medio de la lista de chequeo se determinó que el horno no contaba con un adecuado revestimiento, por lo que se estableció un revestimiento con ladrillo refractario y mortero refractario para la prevención de las dilataciones del metal, este posee unas dimensiones de 102 cm de alto por 118 cm de diámetro de la misma manera se le incorpora una cavidad para establecer las compuertas que mantienen los gases y el material en el momento del cargue con dimensiones de 84 cm x 74.12 cm con una profundidad de 25 cm y maneja un espacio para las bisagras y las láminas el cual es de 69 cm X 20 cm y de 15 cm x 10 cm respectivamente. Lo que tiene como función de mantener el material y almacenarlo hasta el momento en el que el empleado cierre la puerta del cargue y accione el mecanismo, generando una adecuada prevención de exposición a las emisiones.

Finalmente se realizó una cavidad de 4cm x 15 cm en la que se ensamblo una canal que sirve controlar el movimiento de las cadenas que están unidas a las láminas del cargue y se creó un agujero de 10 cm que traspasara el revestimiento hasta el cilindro central de fundición, en el cual se incorpora la tubería de escape de gases con la función de que este en el momento del cierre no presente ahogamiento. (Ver Anexo 17)

6.4.2.7 OLLA

Para impedir que el trabajador tenga que utilizar otro tipo de herramientas como lo hace actualmente por medio del carro en donde inclinan la parte frontal de la olla y generan una fuga de aproximadamente 5 a 15 cm la cual es cubierta por barro y para evitar esto se añadió una cama en arcilla refractaria la que posee un desnivel de 10° hacia la piquera (ver ilustración 17) como es sugerido por el ing. Boris Ramos y la Ing. Yaneth Guerra para el año 2006.

Ilustración 17. Olla Rediseño



Modelación Solidwork

6.4.2.8 MECANISMO DE CARGUE.

- Aunque el horno cubilote presenta muchas ventajas como una baja inversión, una alta eficiencia térmica y una elevada producción horaria, su principal inconveniente y el que ha generado tantos cierres en las empresas fundidoras ha sido la contaminación atmosférica que genera (Materiales ferrosos y sus aplicaciones, 2010). Se creó un mecanismo de cargue con el fin de que el empleado controle el ingreso de los materiales y evite las exposiciones a las emisiones (Ver ilustración 18) el cual está compuesto por los siguientes partes:
- Compuerta conformada por dos laminas galvanizadas de 2 cm de grosor con dimensiones de 35 x 84 cm, 2 orejas de 1 cm de grosor de 3x 4 cm las cuales están unidas al revestimiento por 4 bisagras de 10 x 10 cm que se encuentran en cada esquina de la lámina, facilitando el movimiento y cierre eficiente de las compuertas.
- Canal cerrada de 60 x 15 y un largo de 10 cm, la cual posee un brazo 12x 4 cm con perforaciones de 2 cm en las cuales se ensambló una polea de 5 cm de diámetro para la movilidad y el control del cable alma de acero.
- Cable alma de acero 0.742 cm de diámetro y 127.5 cm de largo, con dos uniones creadas con el mismo cables y aseguradas con 4 perros de guaya.
- Dos cables alma de acero de 31.6 con una unión creada con el mismo cable en cada extremo de la cuerda y aseguradas con 2 perros de guaya en cada unión.
- Tapa o compuerta de chimenea la cual está conformada por una lámina galvanizada de 65 x 74 cm y un grosor 2cm, una oreja de 1 cm de grosor con medidas de 3x 4 cm y dos soportes en sus esquinas posteriores de 5 x 9 cm, los culés poseen una perforación de 1.5 m en donde se incrustara los ejes de rodamiento, generando un rotación de 90 por medio del ensamble de los engranajes. (Ver anexo 34).

Al Identificar los componentes para el rediseño se establecieron matrices de decisión que permitieron establecer la comparación de características que garanticen la optimización del horno y la mitigación de emisiones de partículas al ambiente.

6.4.3 SELECCIÓN DE MATERIALES.

6.4.3.1 MATERIALES REFRACTARIOS.

Por medio de una recolección bibliográfica se establece la tabla 4 en donde se determinaron los principales materiales refractarios empleados en los procesos industriales a altas temperaturas, detallando el sector, su tipo de instalación, las temperaturas del proceso y los refractarios utilizados. En donde se determinó el material refractario principal utilizado para el recubrimiento de los hornos de fundición de plomo, en la que se identificaron los ladrillos magnésitos, cromo-magnesitos o ladrillos de magnesita que debido a sus propiedades físicas permiten el manejo de altas temperaturas

Como se puede evidenciar en el anexo 21 se especifica las propiedades de diversos materiales aislantes o refractarios en la que se seleccionaron el agua como elemento refrigerante para el cilindro de fundición y la arcilla refractaria para moldear una cama en la olla de fundición que tenga un desnivel de 10° para garantizar que el metal salga con fluidez y la tabla 6 muestra las especificaciones de los tipos de ladrillo refractario, con el fin de establecer una comparación y determinar que los ladrillos de magnesita son la mejor opción para el recubrimiento de la olla de carga del rediseño.

6.4.3.2 LAMINAS DE ACERO

Al recolectar material bibliográfico de las láminas de acero necesaria para el rediseño del horno se encuentro que en el mercado hay cinco (5) tipos de lámina de acero donde identificamos sus características (Ver anexo 22) para garantizar la mejor opción.

Como se evidencio en el anexo 22, la lámina lisa de acero galvanizada es la mejor opción debido a su recubrimiento de zinc que garantiza menor corrosión y mayor tiempo de vida útil que otras láminas de acero. También se determinó las dimensiones, calibre y peso de la lámina como se muestran en la tabla 8 para garantizar que se cumpla con la normatividad y especificaciones necesarias para el rediseño del horno.

Tabla 4. Dimensiones y pesos de la lámina lisa galvanizada

 DIMENSIONES Y PESOS PARA LAMINA LISA GALVANIZADA UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA ING. INDUSTRIAL EXT. SOACHA								
DIMENSIONES				Pies	3' X 8'	3' X 10'	4' X 8'	4' X 10'
				mm	914 X 2438	974 X 3048	1219 X 2438	1219 X 3048
ESPESOR				Kilogramos por pieza				
CALIBRE	PULG.	mm	Kg/m ²					
10	0.136	3.454	27.03	60.27	75.34	80.36	100.45	
12	0.106	2.695	21.06	46.96	58.70	62.62	78.27	
14	0.076	1.935	15.21	33.91	42.38	54.21	56.51	
16	0.061	1.557	12.21	27.22	34.03	36.30	45.37	
18	0.049	1.252	9.796	21.84	27.30	29.12	36.40	
20	0.037	0.950	7.402	16.50	20.63	22.01	27.51	
22	0.031	0.798	6.195	13.81	17.27	18.42	23.02	
24	0.025	0.645	4.988	11.12	13.90	14.83	18.54	
26	0.019	0.493	3.781	8.43	10.54	11.24	14.05	
28	0.016	0.417	3.177	7.08	8.86	9.45	11.81	
30	0.014	0.343	2.594	5.78	7.23			
32	0.011	0.284	2.131	4.75	5.94			

Tomado de: <https://mipsa.com.mx/dotnetnuke/Productos/Lamina-galvanizada-lisa>

En la tabla 4 Se determinó que se manejaran cuatro (4) láminas lisas galvanizadas

- 1 calibre 14 de 4' X 10' o 1219 X 3048 mm
- 2 láminas calibre 14 de 3' X 10' o 974 X 3048 mm.
- 1 calibre 24 de 3' X 8' o 914 X 2438 mm.

Que serán utilizadas en el rediseño de la siguiente manera:

La de 1219 X 3048 mm será la que forme el cilindro medio del horno, las dos de 914 X 3048 mm una se utilizara para los cinturones que reforzaran las uniones de los cilindros para garantizar que no hallan fugas, la segunda es para el cilindro superior y por último la de 914 X 2438 mm. Se empleara en las compuertas.

6.4.3.3 MORTERO REFRACTARIO

Por medio de la información bibliográfica obtenida de tecnología de materiales 2015 se establece que se utilizara un mortero refractario el cual está compuesto por arena, cementos especiales, aditivos y áridos silíceos. Siendo capaz de resistir temperaturas hasta los 1200 °C, el cual permitirá que el revestimiento interno del horno sea más resistente y duradero.

6.4.3.4 CABLE DE ACERO

Al desarrollar una investigación bibliográfica que determina el cable que se requiere para el nuevo diseño del horno cubilote encontramos que el mercado ofrece 5 tipos de cable de acero. El alma centro de acero, alma de yute, inoxidable, lubricado y plastificado de los cuales se realiza un cuadro de decisión para establecer cuál de ellos se adapta más a las necesidades del horno (Ver anexo 24)

Al realizar la comparación de los tipos de cable de acero se identificó que la mejor opción es el alma centro de acero porque está compuesto por un cable de varios alambres de acero puro, galvanizado, resistente a la corrosión y es ideal para utilizar cuando se requiere alto grado de resistencia o en presencia de calor extremo lo cual cumple con las especificaciones necesarias para ser implementadas en el horno. De la misma manera se identificó el diámetro, peso aproximado y resistencia a la ruptura del cable de alma centro de acero para determinar la mejor opción. (Ver tabla 5)

Tabla 5. Características cable alma de acero

 CARACTERISTICAS CABLE ALMA DE ACERO UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA ING. INDUSTRIAL EXT. SOACHA					
DIAMETRO	PESO APROXIMADO	RESISTENCIA A LA RUPTURA			
MILIMETROS (mm)	Kg/M	ARADO MEJORADO (IPS)		ARADO EXTRA MEJORADO (EIPS)	
		Lb	Ton*	Lb	Ton*
6.35	0.18	5890	2.7	6790	3.1
7.94	0.27	9150	4.1	10540	4.8
9.53	0.39	13120	6.0	15100	6.9
11.1	0.50	17780	8.1	20380	9.2
13	0.68	23000	10.4	26600	12.1
14.5	0.88	29000	13.2	33600	15.2
16	1.07	35800	16.2	41200	18.7
19	1.55	51200	23.2	58800	26.7
22	2.11	69200	31.4	79600	36.1
26	2.75	89800	40.7	103400	46.9
29	3.48	113000	51.3	130000	59.0
32	4.30	138800	63.0	159800	72.5
35	5.21	167000	75.7	192000	87.1
38	6.19	197800	89.7	228000	103.0
42	7.26	230000	104.0	264000	120.0
45	8.44	266000	121.0	306000	139.0
48	9.67	304000	138.0	348000	158.0
52	11	344000	156.0	396000	180.0

Tomado de:

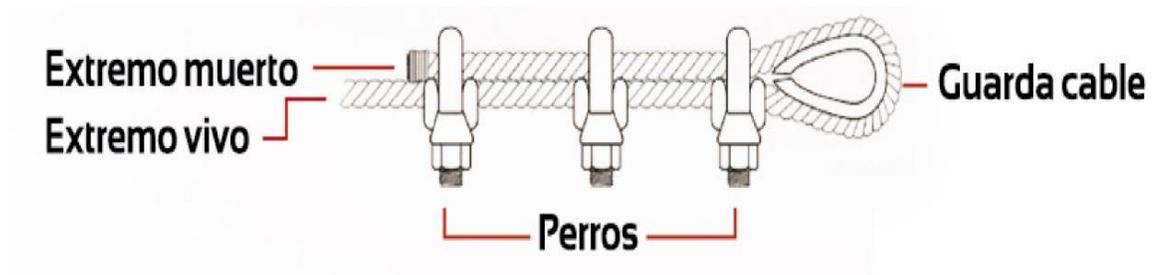
http://www.camesawire.com/Resource_/TechnicalReference/1929/CamesaSteelRopeCatalog_Bilingual.pdf

Como se puede evidenciar en anexo 25. Se estableció un cable de alma de acero de diámetro 7.94 mm con un peso aproximado de 0.27 kg/metro y con una resistencia de ruptura IPS de 4.1 toneladas. Que soporte el peso de las cuatro (4) compuertas y el material al momento de alimentar el horno.

6.4.3.5 PERRO DE GUAYA

Como se estableció en la tabla 10 el diámetro del cable de alma de acero es de 7.94 mm, por esta razón para empalar los cables (Ver ilustración 20), se usaran los peros de guaya creando un ojo de torniquete en cada extremo del cable y dos perros con espacio de 67 mm entre ellos para garantizar un agarre seguro. (Ver anexo 23). Y para la conexión de los ojos de torniquete con las láminas, se soldaran tres U de acero en cada una de las láminas.

Ilustración 19. Como empalar cables



Tomado de: <http://www.sistemasdecarga.net/images/B%20-7%20Paginas%2011,12%20perros%20argolla.pdf>

6.4.3.6 TUBERÍA DE GASES

Se seleccionó un tubo de acero inoxidable de 4" de diámetro, calibre 30 con una longitud de 2 metros para la expulsión de los gases en el momento que el mecanismo este cerrado para el cargue. Así mismo se establecieron 3 codos del mismo calibre y diámetro para las uniones. Los cuales fueron seleccionados de la ferretería reina S.A.

6.4.3.7 MOTOR

Para determinar el motor adecuado que tendrá la función de accionar el mecanismo, se identificaron los tipos de motor (Ver anexo 26) en donde se determina que el motor seleccionar será uno eléctrico por sus múltiples ventajas como lo son su economía, limpieza, comodidad y seguridad de funcionamiento.

Lo que nos lleva a la selección del tipo de motor eléctrico entre los cuales se encuentran los universales, de corriente continua y de corriente eléctrica (Ver tabla 6), estableciendo que el motor adecuado a seleccionar el uno de corriente alterna por sus cualidades como las velocidades, economía, sencillez y su alto uso tanto a nivel industrial como doméstico.

Por lo cual se acordó como motor a utilizar en el horno, un motor eléctrico trifásico de 3 HP con 1730 RPM, tipo jaula de ardilla, este es seleccionado por su bajo costo, bajo mantenimiento, facilidad de adquisición y un alto grado de protección y al carecer de chispas internas, puede instalarse en ambientes de riesgo. (Ver anexo 26)

Tabla 6. Tipo de motores de corriente alterna

 TIPO DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA ING. INDUSTRIAL EXT. SOACHA		
Según la forma en la que gira el rotor		
Sincronos	La rotación del eje está sincronizada con la frecuencia de la corriente de	
Asincronos	Trifasicos	Son motores bastantes sencillos que se caracterizan porque el estator produce una velocidad electromagnetica mayor que la velocidad de giro que el rotor. Se pueden encontrar diferentes tipos de motor trifásico asíncrono, entre los que destacan los de anillos rozantes y los de jaula de ardilla (este último es el que utiliza Tesla en sus modelos).
	Rotor de iman permanente	Los motores IP son motores eléctricos que utilizan la combinación de campos magnéticos de naturaleza permanente (Imanes) y campos magnéticos inducidos producidos por la corriente de excitación externa que fluye a través de los devanados del estator.
Según su fase de alimentacion		
Monofasicos	es un máquina rotativa alimentada eléctricamente, capaz de transformar la energía eléctrica en mecánica. Este tipo de motores son utilizados principalmente en pequeñas instalaciones, electrodomésticos y otros utensilios como taladros, máquinas de aire acondicionado, sistemas de apertura y cierre de puertas de parking, etc. En la mayoría de casos se trata de motores de reducido tamaño, con un par de potencia pequeño.	
Bifasicos	bifásico es un sistema de producción y distribución de energía eléctrica basado en dos tensiones eléctricas alternas desfasadas en su frecuencia 90°. En un generador bifásico, el sistema está equilibrado y simétrico cuando la suma vectorial de las tensiones es nula (punto neutro).	
Trifasicos	el estator produce una velocidad electromagnetica igual a la velocidad que gira el rotor, son especialmente utiles cuando se necesite que el motor proporcione una energia constante.	

Tomando de <https://blog.reparacion-vehiculos.es/tipos-de-motores-electricos>,
fuente propia

6.4.3.8 BURLETES O BAJOTIERRAS

Se seleccionaron 6 burletes o bajo puertas, los cuales tienen un listón de aluminio y se atornillan a los extremos de la puerta y la compuerta de la chimenea del mecanismo, para esto se determina que la mejor opción son los burletes o bajo puertas basculantes ya que poseen una mayor firmeza, para la parte interior se manejan un material aislante de caucho reforzado más exactamente una silicona roja con una dureza de 60 shore A y resistencia de temperaturas de 220 °C / 250°C. (Ver tabla 7)

Tabla 7. Tipo de burletes

 TIPOS DE BURLETES O BAJOPUERTAS. UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA ING. INDUSTRIAL EXT. SOACHA	
Los bajo puertas son los encargados de cubrir cualquier orificio, estos pueden estar compuestos por PVC, aluminio o madera.	
Basculantes	El listón del burlete va atornillado a la puerta y solo toca el orificio cuando ésta se cierra.
Autoadhesivos	De muy fácil instalación, poseen un adhesivo de alta resistencia, el cual se adhiere a la puerta evitando filtraciones
Doble rollo	Se colocan en el espacio de la puerta sin ningún tipo de adhesivo o tornillo por lo que lo puedes quitar y poner según tus necesidades. Los dos rollos situados a ambos lados de la puerta ejercen de barrera, la posible entrada y salida de aire y humedad.

Tomado de:

http://www.leroymerlin.es/productos/puertas_ventanas_y_escaleras/ventanas/burletes/como-elegir-burletes.html

6.4.4 PROYECCION DE COSTOS

6.4.4.1 LADRILLO REFRACTARIO REVESTIMIENTOS

Teniendo en cuenta el anexo 28 Los ladrillos refractarios a utilizar tienen dimensiones de 23 X 11 X 6 y basándonos en datos suministrados por la empresa se determinó que la cantidad de ladrillos a utilizar para el revestimiento es de 29 por cada sección y teniendo en cuenta que la medida del revestimiento es de 106 cm y cada ladrillo tiene de alto 6 cm son 18 secciones de ladrillo

29	ladrillos
18	secciones
	ladrillos
522	revestimiento

6.4.4.2 LADRILLOS REFRACTARIAS OLLA

Con información suministrada por la empresa Recuperación de metales S.A. de la cantidad de ladrillos utilizados para armar la olla de fundición se determinó que para la cama de la olla se necesitan 35 ladrillos aproximadamente y para las secciones de la parte de superior se necesitan aproximadamente 30 ladrillos.

35	cama
30	sección superior
65	ladrillos olla

6.4.4.3 CEMENTO REEFRACTARIO

Con el fin de determinar la cantidad de montero a utilizar para el rediseño se le pregunto a dos operarios de la construcción la cantidad de ladrillos que se podrían pegar con un bulto de cemento (25 kg) y dos carretillas de arena se a lo cual contestaron que aproximadamente entre 120-125 ladrillos.

- Si por cada 125 ladrillos se necesita 1 bulto de cemento para los 617 ladrillos totales se necesitaran aproximadamente 5 bultos
- Si por cada 125 ladrillos se necesitan 2 caretilas de arena para los 617 ladrillos totales se necesitaran 10 carretillas

6.4.4.4 PROYECCION DE COSTOS

Para finalizar se realiza la cotización de cada uno de los materiales y herramientas necesarias para ejecutar el rediseño incluyendo una suma de error que permita hacer frente a posibles errores de cálculo durante la implementación del rediseño la cual será de \$1.180.000 pesos

Estableciendo que la inversión que debe hacer la empresa Recuperación De Metales S.A para ejecutar el rediseño en el horno es de **\$12.101.223** (los valores son aproximados) (ver tabla 9); Teniendo en cuenta que la adquisición de otro tipo de horno como el de inducción y rotatorio traen costos más altos para la fundidora

(ver tabla 8) se sugiere la implementación del rediseño por su bajo costo y la mitigación de polución atmosféricas, los riesgos laborales y de salud pública en el municipio de Soacha.

Tabla 8. Precio Hornos

 PRECIO HORNOS UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA ING. INDUSTRIAL EXT. SOACHA			
TIPO DE HORNO	FOTO	PRECIO	FUENTE O CONTACTO
Horno Rotatorio		\$40.000.000 a 238.000.000	alibaba.com https://www.alibaba.com/product-detail/Lead-melting-rotary-furnace-for-recycling_60117651304.html?spm=a2700.8293689.201713.3.2ce265aa9ITKBO
Horno de Inducción		\$500.000.000	Alibaba.com https://spanish.alibaba.com/product-detail/low-cost-sales-5t-medium-frequency-induction-melting-furnace-for-steel-scrap-60384135672.html?spm=a2700.8699010.29.62.284c1d91CNsQ51

Fuente propia

Tabla 9. Presupuesto

 <p style="text-align: center;">PRESUPUESTO UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA ING. INDUSTRIAL EXT. SOACHA</p>					
ITEM	ELEMENTO	CANTIDAD DE ELEMENTO	VALOR UNITARIO APROXIMADO	VALOR TOTAL	FUENTE O CONTACTO
1	Ladrillo refractario + flete	625	\$1.618	\$1.011.250	Arcillas de la sabana (Ver anexo 28)
2	Cemento refractario	6	\$61.000	\$366.000	Ver anexo 30
3	Arena	12	\$6.000	\$72.000	Ferreteria reina
4	Lamina 4' X 10'	1	\$115.000	\$115.000	Ferreteria ameriana (Ver anexo 29)
5	Lamina 3' X 10'	2	\$107.000	\$214.000	Ferreteria ameriana (Ver anexo 29)
6	Laminas 3' X 8'	1	\$100.000	\$100.000	Ferreteria ameriana (Ver anexo 29)
7	Engranajes motor	2	\$34.400	\$68.800	http://www.mootio-components.com/_ref_004258.htm#WsGYUC7wbIw
8	Engranajes	4	\$26.000	\$104.000	http://www.mootio-components.com/_ref_003060.htm#WsGYUC7wbIw
9	Motor	1	\$590.000	\$590.000	https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-452896767-vendo-motor-trifasico-de-3-hp-a-3600-rpm-_JM
10	Tubos de escape	1	\$72.373	\$72.373	Ferreteria ameriana (Ver anexo 2)
11	Burletes	6	\$33.900	\$203.400	http://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/14643/Cepillo-Bajo-Puerta-Cafe-Cerdas-12mm/14643
12	Perros de guayas paquete *4	3	\$6.500	\$19.500	http://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/145451/Perros-para-cable-galvanizado-5-16-Pulg-4-unidades/145451
13	Cable alma de acero * metro	3	\$10.000	\$30.000	https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-462552096-cable-alma-acero-6x19-516x500-mts-_JM
14	Mano de obra	1	\$3.600.000	\$3.600.000	
15	Arcilla refractaria	2	\$25.000	\$50.000	Arcilla de la sabana (ver anexo 28)
16	Enrolada por laminas	3	\$160.000	\$480.000	cortadora y dobladora fenix ltda
17	Corte de laminas	3	\$250.000	\$750.000	cortadora y dobladora fenix ltda
18	Eje engranajes	1	\$39.900	\$39.900	
19	Soldadura * kg	16	\$18.000	\$288.000	https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-458634258-soldadura-barras-electrodos-6013-18-kilo-_JM
20	rodamientos 3 cm diametro externo	3	\$20.000	\$60.000	https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-451883126-rodamiento-lineal-lmf16uu-_JM
21	Alquiler maquinaria manipuladora de materiales	1	\$1.500.000	\$1.500.000	https://servicio.mercadolibre.com.co/MCO-467029548-alquiler-de-gruas-telescopicas-camas-bajas-y-otros-_JM
22	Equipo de soldadura	1	\$527.000	\$527.000	https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-448817390-equipo-de-soldadura-inversor-elite-130-amp-110v-_JM
23	Tornillos hexagonales grado 2 de 1/2"	3	\$20.000	\$60.000	http://tornillos.tornirap.com.co/#tornillos-estructura-metalica
24	Servicios publicos	1	\$600.000	\$600.000	
25	Otros			\$1.180.000	
26	Total			\$12.101.223	

Fuente propia

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES.

- Por medio del análisis de exposición atmosférica se determinó que la invasión Los Manzanos es una de las poblaciones con más riesgo ya que posee una distancia de 370 metros de las empresas de fundición y es considerada la más cercana.
- Se estipuló que posiblemente los niveles de plomo en el río Soacha deben ser elevados debido a que se encuentra a una distancia de 328 de las fundidoras la cual es significativamente corta a comparación del estudio anterior.
- A pesar de que los hornos cubilotes son obsoletos, al ejecutarse un adecuado diseño y prevención de los contaminantes lo hace óptimo para el proceso de fundición por su baja inversión, alta eficiencia térmica y una elevada producción horaria.
- por medio del rediseño se identificó que la puerta de cargue era inadecuada para la forma en la que se efectuaba el cargue por lo que se estableció una reducción en la boca de este y un mecanismo compuesto de láminas y poleas con lo que se controló los gases contaminantes sin afectar la productividad del horno.
- Al implementar el mecanismo en el horno tipo cubilote se garantiza una mayor productividad del horno, debido a que no se tendrá que esperar la

fundición total, si no que el empleado puede generar cargues sin exposición en el momento de la fundición, aprovechando la temperatura del horno.

- al decidir mantener alguna de las piezas del horno cubilote como el cilindro de fundición, la chimenea y los apoyos se le proporciono a la empresa recuperación de metales S.A.S una opción que generaba menores costos que el adquirir un nuevo horno.
- el rediseño del horno cubilote mitiga la explosión de emisiones a la comunidad y previene que el empleado tenga contacto directo con los gases contaminantes lo que genera que siga siendo óptimo y de mayor preferencia que el horno de inducción y el rotatorio.
- Mediante la selección de materiales y herramientas por medio de matrices de decisión que establecían los parámetros para determinar los elementos óptimos garantizando la resistencia, durabilidad y el buen funcionamiento del horno cubilote.
- Determinando que el alto costo del horno rotatorio es de \$40.000.000 a \$238.000.000 y el de inducción es de \$500.000.000, se establece que la ejecución del rediseño es viable por su mínima inversión de \$12.101.223.

7.2 RECOMENDACIONES.

- Se recomienda que la empresa Recuperación de metales S.A.S desarrolle medidas preventivas sobre el manejo de la escoria para prevenir riesgo en la salud de las comunidades aledañas.
- Generar un mantenimiento preventivo al mecanismo, revestimiento y horno en general para evitar posibles dilataciones de metal, caída del revestimiento, trabas en el mecanismo, desgaste del cable alma de acero y de cualquier otro elemento. por medio de actividades como la verificación de temperaturas que no superen el nivel máximo de 1200°C que soporta el revestimiento y las láminas; comprobar que el empleado no sobrecargue el mecanismo; y ejecutar jornadas de limpieza para evitar acumulaciones de polvo y escoria.
- Ejecutar capacitaciones a los empleados encargados del horno sobre el manejo del mecanismo, con el fin de evitar accidentes laborales y daños en este generando nuevamente altas emisiones contaminantes.
- Se aconseja el mantenimiento e implementación del sistema de control de temperaturas para garantizar una fundición óptima y un adecuado manejo de los mecanismos a implementar
- Se sugiere a la empresa recuperación de metales S.A el mantenimiento y el accionamiento de los filtros manga que posee con el fin de aportar al rediseño un control de la polución atmosférica
- Utilizar los materiales con las características estipuladas en el proyecto con el fin de garantizar un óptimo funcionamiento del sistema

- Al ejecutar el cambio de la olla implementar la cama de arcilla refractaria con 10° de inclinación permitiendo que el empleado no tenga que estar inclinando la olla si no solo estar pendiente de la fluidez del metal.

8. ANEXOS

[Anexos](#)

9. BIBLIOGRAFIA

- Agencias de noticias UN, (2009) Hortalizas con excesos de metales tóxicos. Recuperado de: <http://agenciadenoticias.unal.edu.co/nc/detalle/article/hortalizas-con-exceso-de-metales-toxicos/>
- Anónimo (2003). *Características del plomo* (Tesis digitales UNMSM)
- Anonimo (2008). Los siete retos de Soacha. Recuperado de: www.alcaldiasoacha.gov.co/.
- Arévalo J (2015). Historia de la fundición. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/276575592/Historia-de-La-Fundicion>
- Barberis S, Piñeiro A, Lopez C. (2010) *Estudio sobre contaminación ambiental por plomo en niños de la localidad Abra pam pa (Jujuy argentina)*.
- Bonilla A. & Lozano A. (2017). *Diseño de una planta purificadora de agua para la vereda Villanueva corregimiento uno, Soacha Cundinamarca (tesis pregrado), Universidad de Cundinamarca, Soacha Cundinamarca*
- Cámara Minera de México International, (2006). *Definición y compuestos del plomo. En Manual para el Manejo Ambientalmente Responsable del Plomo* (6). MEXICO

- Camesa (2018) *Cable de acero- Steel wire rope* tomado de: http://www.camesawire.com/Resource_/TechnicalReference/1929/CamesaSteelRopeCatalog_Bilingual.pdf
- Cárdenas, A., & Piñarte X. (2017). *Diseño de un manual de seguridad industrial para empresas fundidoras de metales no ferrosos (tesis de pregrado)*. Universidad de Cundinamarca, Soacha Cundinamarca
- CONAMA. (2015). Introducción. *En Guía técnica sobre el manejo de baterías plomo ácido usadas (9-15)*. Chile: Respel.
- Danza F. 2008. *Contaminación por plomo, Informe elaborado por la Comisión de Salud Ocupacional Sindicato Médico del Uruguay*. Recuperado de: <http://www.smu.org.uy/sindicales/resoluciones/informes/plomo.pdf>.
- Decreto 948 de 1995. *Reglamento de protección y control de la calidad del aire*. Colombia. 5 de junio de 1995
- Definición ABC. (2017). *Definición de Escoria*. 2017, Recuperado de: <https://www.definicionabc.com/general/escoria.php>
- Díaz A (2011). *Alteraciones neurológicas por exposición al plomo en trabajadores de procesos de fundición, Soacha, 2009* (Magister en toxicología) Universidad Nacional de Colombia, Bogotá Colombia.
- Duque J (2016). *Efectos de la contaminación atmosférica en la salud UNICEF 2016*. Recuperado de: <http://www.eafit.edu.co/minisitios/calidad-aire/Documents/contaminacion-efectos-salud.pdf>
- Ecured. (2017). *coque*. 2017, Sitio web: <https://www.ecured.cu/Coque>
- F.Márquez Zavalía. (2017). *Plomo*. 2017, Recuperado de: <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/Plomo.htm>
- FIDH (2013) complejo metalúrgico de la oroya: donde la inversion se protege por encima de los derechos humanos. Recuperado de:
- Fuller R (2006). *Los diez lugares más contaminados*. Recuperado de: http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/science/newsid_6065000/6065816.stm

- Gómez M (2013). *Horno de cuba*.(posgrado), Universidad Nacional de Trujillo, Peru.
- Gonzales H., mesa D. (2004). *La importancia del método en la selección de materiales*. Universidad tecnológica de Pereira. Vol 1.
- Gualdron, J., & Reyes, D. (2016). *propuesta de diseño de planta para empresas recuperadoras de plomo a partir de baterías usadas de automóviles en Soacha-Cundinamarca (tesis pregrado)*,Universidad de Cundinamarca, Soacha Cundinamarca
- Historia de la fundición (2008). Recuperado de: https://elcrisoluspt.files.wordpress.com/2008/09/historia_fundicion.pdf
- Horno Hinrac SAC (2018) *ladrillos básicos* Tomado de: <http://studylib.es/doc/5851973/ladrillos-b%C3%A1sicos>
- Idrovo A (2012). *Diagnostico Nacional de Salud Ambiental. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*.
- Irma projekt sistema (2018). *Filtro de manga*. Recuperado de: <http://www.irma-ps.com/spa/vrecastifilteri.html>
- Julián Pérez Porto y María Merino. Publicado: 2011. Actualizado: 2014. Definicion.de: *Definición de dilatación* (<http://definicion.de/dilatacion/>)
- Kalpakjian, S. (2002). *Manufactura, Ingeniería y Tecnología*. Mexico: Pearson.
- Marketing Perú (2017). *Depurador de gases: que es y cómo funciona*. Recuperado de: <http://www.quimtiamedioambiente.com/blog/depurador-gases-como-funciona/>
- Materiales Ferrosos y sus aplicaciones (2010), *hornos de fundición*, recuperado de <https://ferrosos.files.wordpress.com/2010/10/hornos.pdf>
- Mendoza L, Rivas J & Villalobos K (2017) *Determinación de metales pesados Cadmio, Níquel, Plomo y Zinc en la zona de influencia del relleno sanitario de Sonsonate, el Salvador*.(Ingeniero químico) Universidad del salvador. Ciudad universitaria.
- Ministerio del Medio Ambiente, C. N. (2002). *Manejo Ambientalmente Racional de Baterías Usadas Ácidas de Plomo en Centro América y el Caribe*.

- Mora N (2017). Plomo el metal contaminante de Soacha. Recuperado de: <http://periodismopublico.com/Plomo-el-metal-contaminante-de-Soacha>
- Nedwed T. y Clifford D.A. (1997). A survey of lead battery recycling sites and soil remediation processes. *WasteManagem.* 17,257-269
- Organización Mundial de la Salud. (2002). *The world health report.* Recuperado de: <http://www.who.int/whr/2002/chapter4/en/index7.html>
- Organización Mundial de la Salud. (2017) *Reciclaje de baterías plomo ácido usadas: consideraciones sanitarias.* Recuperado de: <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/259445/9789243512853-spa.pdf;jsessionid=2E168B168350E720DBB2498B330D8B7F?sequence=1>
- Rodríguez J, Castro L, Real J. (2006). *Fabricación por modelo. Fundición. En Procesos Industriales para materiales metálicos (155,156).* España: Visión Net.
- Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía (SNMPE) (2007). *El plomo.* Recuperado de: http://www.confiep.org.pe/facipub/upload/publicaciones/1/962/informe_plomo_snmpe.pdf
- Tecnología de materiales (2015) *Mortero* tomado de: Tomado de: <http://teesteevpaul.blogspot.com.co/2015/10/semana-ix-mortero.html>
- Tuberías (2018) Ferretería reina S.A tomada de http://www.ferreteriareina.com/index.cfm?doc=producto_detalle&ID_Producto=83&key_prod=be0ef0f6-3f03-4811-8397-a37a838046d3
- UNEP DTIE, (2010). *Propiedades peligrosas, exposiciones y efectos.* En PRINCIPALES DESCUBRIMIENTOS CIENTÍFICOS EN RELACIÓN CON EL PLOMO. Switzerland
- UNEP DTIE, Chemicals Branch. (2010). *Propiedades peligrosas, exposiciones y efectos.* En PRINCIPALES DESCUBRIMIENTOS CIENTÍFICOS EN RELACIÓN CON EL PLOMO. Switzerland

- Xi Tian a (2 January 2017). *Environmental impact and economic assessment of secondary lead production: Comparison of main spent lead-acid battery recycling processes in China*. Journal of Cleaner Production, 142.
- Xi Tian a, b, YufengWu a, *, Ping Hou b, Sai Liang b, Shen Qu b, Ming Xu b, c, **, Tieyong Zuo a. (2 January 2017). *Environmental impact and economic assessment of secondary lead production: Comparison of main spent lead-acid battery recycling processes in China*. Journal of Cleaner Production, 142.
- Yeh C.Y., Chiu H.Y., Chen R.Y., Yeh K.H., Jeng W.L. y Han B.C.(1996). Monitoring lead pollution near a storage battery recycling plant in Taiwan, Republic of China. Arch. Environ.Contam. Toxicol. 30, 227-234
- Zafra C, Rodrigues L, Torres Y (2012). *Metales pesados asociados con las partículas atmosféricas y sedimentadas de superficies viales: Soacha (Colombia)*. Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas.
- Zhi Sun (March 2017). *Spent lead-acid battery recycling in China – A review and sustainable analyses on mass flow of lead*. Waste Management, 2.
- Zhi Sun a,†, Hongbin Cao a,†, Xihua Zhang a,b, Xiao Lin a, Wenwen Zheng a, Guoqing Cao c, Yong Sun d, Yi Zhang a. (6 March 2017). *Spent lead-acid battery recycling in China – A review and sustainable analyses on mass flow of lead*. Waste Management.