



*"Impulsando la sociedad
del conocimiento"*

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la

Producción

Tercer Programa de Postgrado de Producción Más Limpia

Trabajo de Titulación de Especialista

**"Mejoramiento de la Operación de un Horno de inducción para
Fusión de Metales"**

Previo a la Obtención del Título de:

ESPECIALISTA EN PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

Presentada por:

Susana Magali Mero Torres

Guayaquil – Ecuador

Año: 2006

AGRADECIMIENTO:

Agradezco a la empresa INTRAMET y a mi Director de Tesis Ing. Ignacio Wiesner F.

Agradezco a DIOS por darme la fuerza espiritual para seguir adelante en el camino de la Ciencia y la Fe.

Al Dr. Barriga y sus colaboradores: Ing. Jessica Guevara e Ing. José Carlozama quienes me apoyaron incondicionalmente

DEDICATORIA:

El presente trabajo va dedicado a:

MI ESPOSO E HIJA por su
compresión.

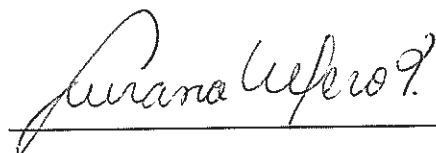
MI MADRE por el deseo de
superación que inculco en mi.

A LA SANTÍSIMA TRINIDAD, LA
VIRGEN MARIA Y A LOS
SANTOS, por darme fortaleza
espiritual

DECLARACIÓN EXPRESA

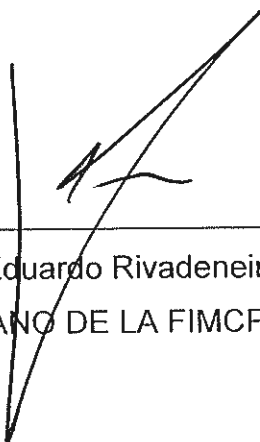
“La responsabilidad del contenido de esta tesis de Postgrado me corresponde exclusivamente y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

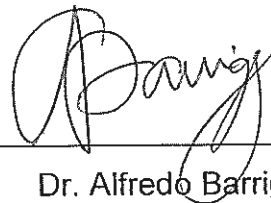
A handwritten signature in black ink, reading "Susana Mero Torres", written over a horizontal line.

Susana M. Mero Torres

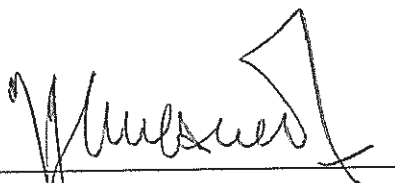
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



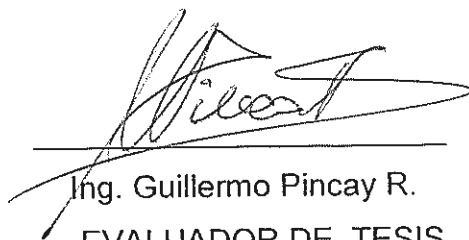
Ing. Eduardo Rivadeneira P.
DECANO DE LA FIMCP



Dr. Alfredo Barriga R.
DIRECTOR DE POSTGRADO



Ing. Ignacio Wiesner F.
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Guillermo Pincay R.
EVALUADOR DE TESIS

RESUMEN

En el presente estudio se aplican las técnicas de Producción más Limpia para mejorar los costos de operación del Horno Eléctrico de Inducción Magnética, perteneciente a la empresa WIESNER INOX.

Esta Empresa se dedica a la producción de partes hechas en acero inoxidable utilizando material reciclado como materia prima; posee equipos para controlar los elementos de aleación, la microestructura y así certificar sus materiales de acuerdo a estándares norteamericanos tal como: ASTM y ASM.

El equipo principal lo constituye el Horno Eléctrico de Inducción Magnética y los casos de estudio escogidos tienen relación con el uso más eficiente del mismo. Los casos que aquí se presentan son:

- Disminución del consumo de energía mediante la instalación de Refractario apropiadamente elaborado.
- Implementación de un Equipo de Agua para el Sistema de Enfriamiento.
- Preparación de la carga metalúrgica mediante una máquina cortadora de plasma

Una vez realizada la implantación de mejoras en el Horno, se procedió a evaluar las ventajas económicas y ambientales.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURA.....	V
SIMBOLOGÍA.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPITULO 1

1. Definición del problema.....	3
1.1 Descripción de la empresa.....	4
1.2 Programas y Proyectos de la Empresa.....	5
1.3 Datos sobre las instalaciones y pasivos ambientales.....	8
1.4 Organigrama de la Empresa y Conformación del Eco equipo.	9
1.5 Análisis del proceso de la empresa.....	10
1.6 Descripción del Horno y definición de los casos de estudio de Producción más Limpia.....	11

CAPITULO 2

2. Casos de Producción más Limpia y soluciones.....	25
2.1 Lay out de la empresa e identificación de las Operaciones de Proceso.....	26

2.2 Evaluación de la Operación de fusión, operación del Horno y de la fusión de metales.....	27
2.3 Análisis de las entradas en el proceso de fusión y evaluación de insumo, materiales y equipos auxiliares.....	32
2.4 Caso 1: Disminución del consumo de energía mediante la implementación de materiales refractarios apropiados.....	33
2.5 Caso 2: Implementación de equipo de agua de enfriamiento dirigidos a los circuitos de bobina del horno de inducción y fuente de poder.....	44
2.6 Caso 3: Preparación de la carga metalúrgica mediante una máquina cortadora de plasma.....	48

CAPITULO 3

3. EVALUACIÓN DE LOS CASOS IMPLANTADOS.....	50
3.1 Disminución del consumo de energía mediante la instalación de Refractario apropiadamente elaborado.....	50
3.2 Mejoramiento de la Instalación del Sistema de agua de enfriamiento para fuente de poder.....	51

CAPITULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	54
4.1 Conclusiones.....	54
4.2 Recomendaciones.....	55

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

Fig	Figura
TIR	Tasa Interna de Retorno
VAN	Valor Actual Neto
Q_T	Energía Total
T	Temperatura
pH	Potencial de Hidrógeno
Hp	Caballos de Potencia

SIMBOLOGÍA

SiO_2	OXIDO DE SILICIO
Al_2O_3	OXIDO DE ALUMINIO
Fe_2O_3	OXIDO DE HIERRO

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 Presentación de la empresa.....	4
Figura 1.2 Corte de horno de inducción sin núcleo , se especifican Sus partes más importantes.....	12
Figura 1.3 Vista general del horno de inducción para fusión de Metales ferrosos de alta tensión.....	12
Figura 1.4 Sistema de fusión con hornos de inducción y sus Componentes.....	13
Figura 1.5 Bobina de inducción y pivotes de volteo.....	14
Figura 2.1 Lay out de la empresa.....	29
Figura 2.2 Esquema de zonas en el refractario (sinterizado, fritado y Arena suelta).....	33
Figura 2.3 Curva de sinterizado.....	34
Figura 2.4 Personal técnico realizando monitoreo de la temperatura Durante el proceso de sinterizado.....	38
Figura 2.5 Equipo original para agua de enfriamiento	45
Figura 2.6 Vista axial del ventilador conectado al radiador.....	46

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Información sobre programas y proyectos de la Empresa.....	6
Tabla 2 Datos sobre las instalaciones de la empresa.....	7
Tabla 3 Informaciones sobre pasivo ambiental.....	8
Tabla 4 Eco-equipo de la empresa.....	8
Tabla 5 Flujograma del proceso productivo.....	10
Tabla 6 Evaluación de los datos.....	17
Tabla 7 Categorías de los subproductos desechos, residuos, Efluentes y emisiones.....	30
Tabla 8 Prevención y minimización de desechos con buenas prácticas operaciones	31
Tabla 9 Análisis granulométrico de sílice.....	37
Tabla 10 Granulometría para revestimiento en base a la arena de Sílice.....	37
Tabla 11 Energía consumida por fundición de colada de acero inoxidable	43
Tabla 12 Temperaturas teóricas y practicas en radiador 1.....	47
Tabla 13 Temperatura teóricas y practicas en radiador 2.....	48

INTRODUCCIÓN

La empresa **WIESNER INOX.** está dedicada a la producción de piezas de maquinaria industrial, confeccionadas a base de aleaciones ferrosas de baja y alta aleación, en especial acero inoxidable para diferentes propósitos de mantenimiento industrial en que se requiera materiales certificados; cuenta con equipo de moderna tecnología como: Horno de inducción, Equipo para realizar Análisis Químicos por medio de Absorción Atómica, Microscopía óptica asistida por computadora y se apoya con los laboratorios del Instituto de Química y el Laboratorio de Sólidos de la FIMCP; es la primera empresa con respaldo de la ESPOL y sus instalaciones se encuentran dentro del Campus Politécnico Gustavo Galindo.

En conversaciones mantenidas con el Gerente se detectó las oportunidades de Producción más Limpia y se planteó como gran objetivo la reducción de consumo energético por medio del mejoramiento de las condiciones de operación del Horno, las mismas que no se habían tomado en cuenta por no disponer de personas dedicadas a la resolución de tales problemas. Se recopiló información bibliográfica específica y se capacitó estudiantes de las Facultades de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, con personas que poseen experiencia y se llevaron a cabo los cambios por medio de la realización de Proyectos de investigación y desarrollo.

Por otro lado, las deficiencias anotadas en la bitácora del horno, se debían a deficiencias en el equipo del agua de enfriamiento que era insuficiente para mantener una temperatura apropiada en la fuente de poder y bobina de inducción, se trabajaba a temperaturas cercanas a 50°C, lo cual perjudicaba elementos importantes, especialmente a elementos electrónicos de la fuente de poder.

También se considera el caso de la preparación apropiada del tamaño de la chatarra que constituye la carga de acero inoxidable que se introduce al horno, aunque por circunstancias económicas ha quedado por implantarse posteriormente y por el momento se prefiere adquirir chatarra que posea la mejor condición.

CAPÍTULO 1

1. Definición del Problema

La empresa Wiesner Inox., es una empresa de ingeniería que resuelve problemas del sector productivo por medio de las técnicas de análisis de materiales y los procesos de manufactura, posee equipamiento de alta tecnología y personal entrenado en los campos de las ingenierías: Mecánica, química y electrónica.

El equipo principal de la empresa lo constituye un horno eléctrico de inducción magnética marca AJAX del año 1975 y con dos cubas de fusión de 350kg y 500kg de capacidad con los que produce aleaciones ferrosas certificadas con normas norteamericanas ASTM. Siendo un horno obsoleto y no apropiado para la producción en serie, la Gerencia lo adquirió como chatarra con el propósito de rehabilitarlo paso a paso dada la dificultad de la consecución de repuestos y componentes, incluso en el mercado norteamericano.

La historia de la presente tesis comienza con el horno rehabilitado parcialmente y es por esta circunstancia que existen trabajos por realizar y parte de los mismos son los que han sido tratados aquí.



FIGURA 1.1 PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA

INTRAMET y WIESNER INOX son empresas que trabajan dentro de los predios del Campus Gustavo Galindo de la ESPOL

1.1 Descripción de la Empresa

Razón Social: WIESNER INOX.

Nombre Comercial: WIESNER INOX.

Propietario: IGNACIO WIESNER

Representante legal: IGNACIO WIESNER

Dirección de la Unidad Productiva: ESPOL, Campus Gustavo Galindo, Km. 34.5 vía perimetral.

Teléfonos: 2-269392, 2-269721

Parroquia: Tarqui Ciudad> Guayaquil

Cantón: Guayaquil **Provincia :** Guayas

Página en el Internet: Intranet@hotmail.com

Dirección de la Oficina Principal:

ESPOL, Campus Gustavo Galindo; Km. 34.5 via perimetral

RUC: 0973104301

Rama de actividad: De acuerdo a la clasificación CIIU: 3710

Fecha de inicio de funcionamiento de la planta industrial: Año 1993

Régimen de funcionamiento: 8 horas/día; 12 meses al año

1.2 Programas y proyectos de la empresa

Clasificación: Pequeña empresa

Cámara a la que está afiliada: Cámara de la Construcción

Principales productos o servicios:

- Impulsores de bomba
- Difusores de aire para calderas acuatubulares
- Bombas para uso alimenticio
- Muelas para chancadoras

- Cuerpos de molienda
- Hélices propulsoras en materiales especiales
- Soportes para hornos de refinerías petroleras

Facturación anual: \$ 100.00,00

Mercado: Interno, sector productivo industrial, minero y petrolero

A continuación se exhibirán tablas relacionadas a los Programas y Proyectos de la empresa, relativos a la consecución de Certificaciones de Calidad. Además se indican las obligaciones que tiene la Empresa hacia el Municipio o al Estado.

Tabla No. 1
INFORMACIONES SOBRE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE LA EMPRESA

Programas o proyectos	Identificación del Programa	Motivo de la elección	Implantado (fecha)	Plan de Implantar (fecha)
Certificación	-----	-	-----	-----
Programas de calidad	ISO 9000	Certificación	-----	Sept. 2006
PPRA – Programa de Prevención de Riesgos Ambientales	-----	Llegar a la ISO 14000	Dic. 2003 a la fecha	En trámite
Programa de HACCP	----	-----	-----	-----
Programa de Responsabilidad Integral	-----	-----	-----	-----
Corrección del Factor de Potencia	Autoimplantación	Cumplimiento de regulaciones	Enero 2005	-----

Tabla N° 2

DATOS SOBRE LAS INSTALACIONES DE LA EMPRESA

Horario de funcionamiento	Mañana	Tarde	Noche
Administración	09:00	18h00	-----
Producción	09:00	17h30	
Procesos:	09:00	17h00	

Marcar con una x:

☒ Zona urbana ☐ Zona rural

Zonificación municipal			
Tipo	Clasificación	Tipo	Clasificación
	Zona residencial		Zona Comercial y/o servicios
<input checked="" type="checkbox"/>	Zona mixta		Zona industrial
	Otras, caracterizar:		

1.3 Datos sobre las instalaciones y Pasivos ambientales

Tabla N°3
INFORMACIONES SOBRE PASIVO AMBIENTAL

Obligaciones de la empresa con el municipio o Estado

Obligaciones	Sí	No	Fecha de presentación	Validez
Registro	X			
Plan de Contingencia	--	--		
Estudio de Impacto Ambiental	No			
Licencia Ambiental	En gestión			

Aspectos relevantes con relación a pasivos ambientales

Escoria, arena quemada, despojos de áreas de modelería y limpieza/maquinado .

Tabla N°4

Eco-equipos de la Empresa

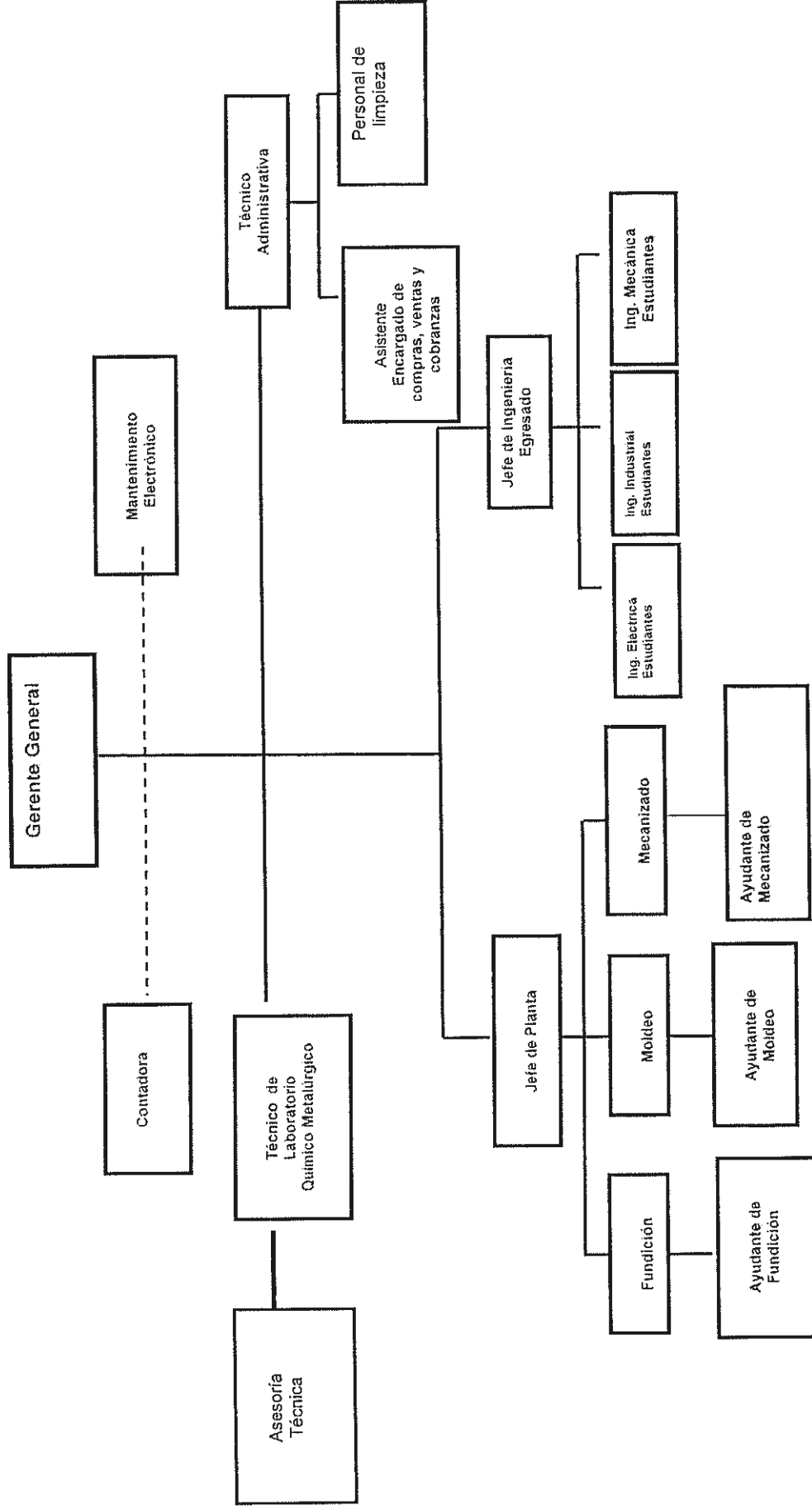
Nombre	Sección	Cargo	Formación
Ing. Ignacio Wiesner	Administrativa	Gerente propietario	Ing. Mecánico
Sr. Roger Wiesner C.	Producción	Jefe de Plata	Técnico Mecánico
Ing. Javier Navas	Proyectos	Jefe de Proyectos	Ing. Mecánico
Ing. Mónica Gómez	Técnica	Asist. De Laboratorio	Ing. Comercial
Ing. Johanna González	Administrativa	Asist. Administración	Ing. Comercial

Nombre de un interlocutor (contraparte) en la Empresa: Ing. Ignacio Wiesner

Fechas y horarios para reuniones: Lunes y Sábados

Frecuencia prevista de las reuniones: Semanal

1.4 Organigrama de la empresa y conformación del Eco equipo



1.5 Análisis del proceso de la empresa

A continuación se detalla el Flujograma del Proceso de Fundición de las piezas de acero Inoxidable; en el cual se aprecian entradas y salidas, así como los subproductos obtenidos en cada etapa

Tabla N° 5
FLUJOGRAMA DEL PROCESO PRODUCTIVO

Entradas	Operaciones o Etapas	Salidas
Pieza modelo, resina, cera, aluminio, estaño	1. Elaboración Premodelo Premodelo	Residuos de resina, cera, aluminio
Chatarra de aluminio, diesel, energía	2. Moldeo y colado en Horno de crisol basculante Modelo	Arena quemada y escoria
Metrología	3. Control de Calidad (Calibración dimensional) Modelo de control	Modelo
Chatarra de acero inoxidable, arena, bentonita, agua, silicato de sodio, ferrosilicio, ferromanganeso y energía	4. Moldeo y colado de Inoxidable en Horno de Inducción Magnética Pieza en bruto	Escoria, arena quemada, retornos inoxidables, desperdicios, sistemas de colado y mazarota
Inspección física de defectos de fundición	5. Inspección Pieza inspeccionada	Pieza sana
Amoladora de discos, granalla de acero, máquina granalladora	6. Limpieza con granallas de acero, amoladora Pieza pulida	Pieza maquinada
Examen visual técnico, medidas y análisis químico metalúrgico	7. Inspección de laboratorio Pieza analizada	Pieza con material certificado
	8. Despacho	

Una vez identificadas las etapas del proceso, se procederá a realizar la descripción del equipo de trabajo sujeto a las mejoras propuestas en esta tesis.

Como se indicó anteriormente el funcionamiento del horno de inducción magnética es uno de los puntos críticos, detectados durante la realización de este trabajo ya que su funcionamiento generaba pérdidas de energía, principalmente por coladas procesadas ya sea por fallas del material refractario o por colapso de partes eléctricas o electrónicas por ende el costo de fabricación de las piezas se incrementaba.

1.6 Descripción del Horno y definición de los casos de estudio de P+L

Un Horno de Inducción sin núcleo, consta de una bobina de cobre, la cual se encuentra protegida por una capa de material refractario flexible que cubre la bobina y se combina con un refractario en forma de concreto que esta en contacto con la bobina, juntos constituyen la capa de aislamiento para protección y otra de refractario de sílice que es el que sirve para contener el metal que se funde.

En las siguientes figuras 1.2 y 1.3 se identifican las partes principales del horno, esquemáticamente y fotomontaje del horno y su equipo para enfriamiento del agua de circulación.

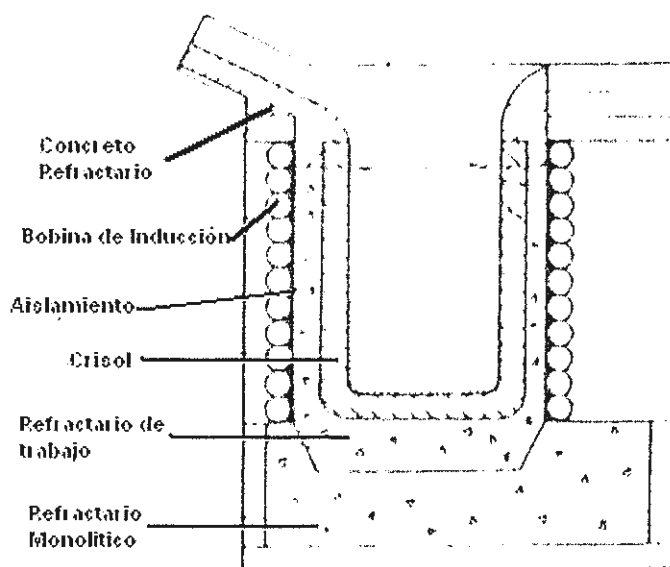


FIGURA 1.2 CORTE DE HORNO DE INDUCCIÓN SIN NÚCLEO, SE ESPECIFICAN SUS PARTES MÁS IMPORTANTES.



FIGURA 1.3 VISTA GENERAL DEL HORNO DE INDUCCIÓN PARA FUSIÓN DE METALES FERROSOS DE ALTA ALEACIÓN, A LA IZQUIERDA LA UNIDAD DE AGUA DE ENFRIAMIENTO, A LA DERECHA LAS CUBAS DE FUSIÓN Y LAS CABINAS DE LA FUENTE DE PODER

En la Figura No. 1.4, se observa todo el sistema de fusión de metales constituido por horno de inducción y se especifican las partes de las cuales esta constituido cuya marca es AJAX, constituido por un crisol de 500 Kg. y otro de 350Kg de capacidad de metal liquido, hechos de refractario apisonado y sinterizado que sirve para contener el metal o la carga a fundirse.

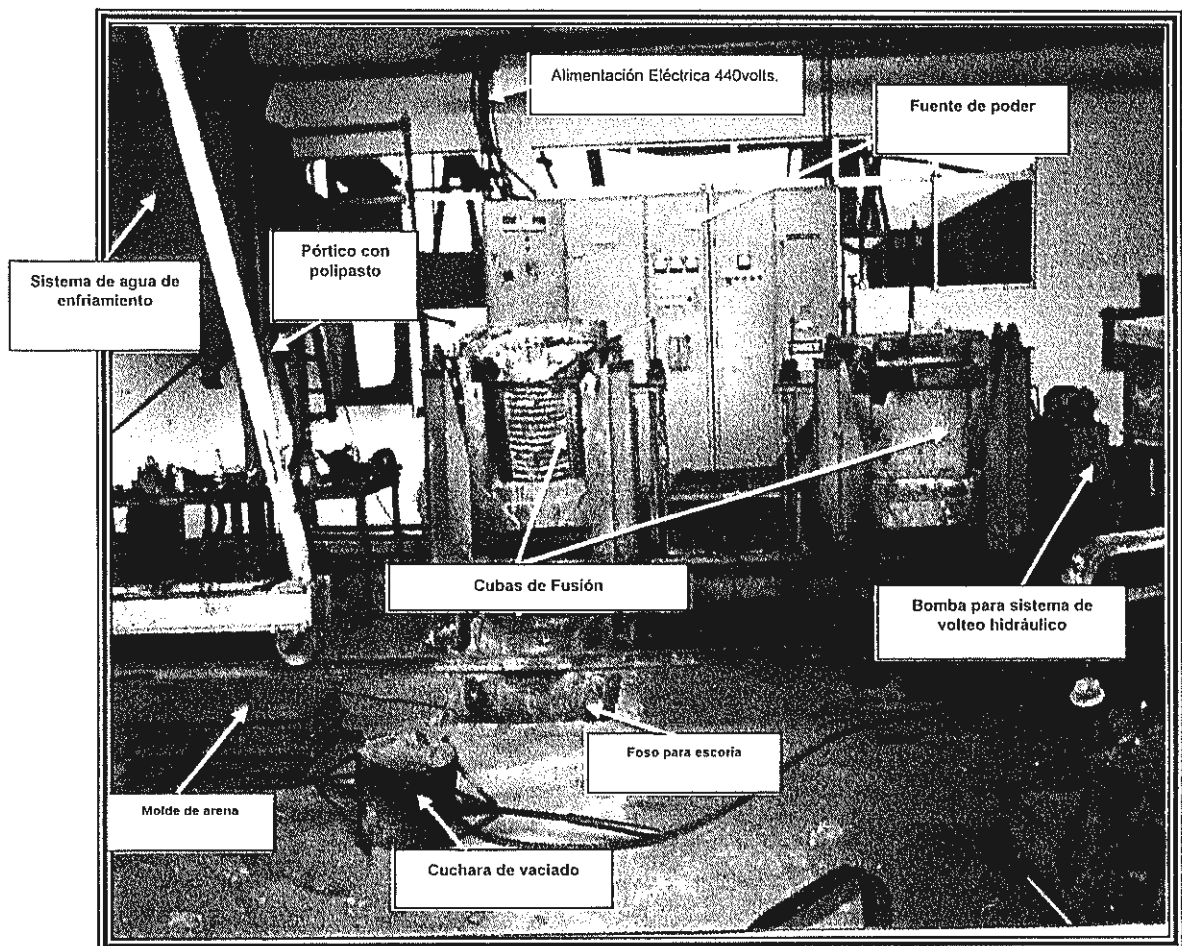


FIGURA 1.4 SISTEMA DE FUSIÓN CON HORNO DE INDUCCIÓN Y SUS COMPONENTES

Otro elemento del horno es la bobina de inducción de cobre, por la cual circula la corriente y agua de enfriamiento. Esta bobina es a la vez enfriada por agua y posee un equipo hidráulico que sirve para vaciar la colada al hacer girar el horno sobre un pivote ubicado en la parte delantera tal como se aprecia en la Fig. No. 1.5

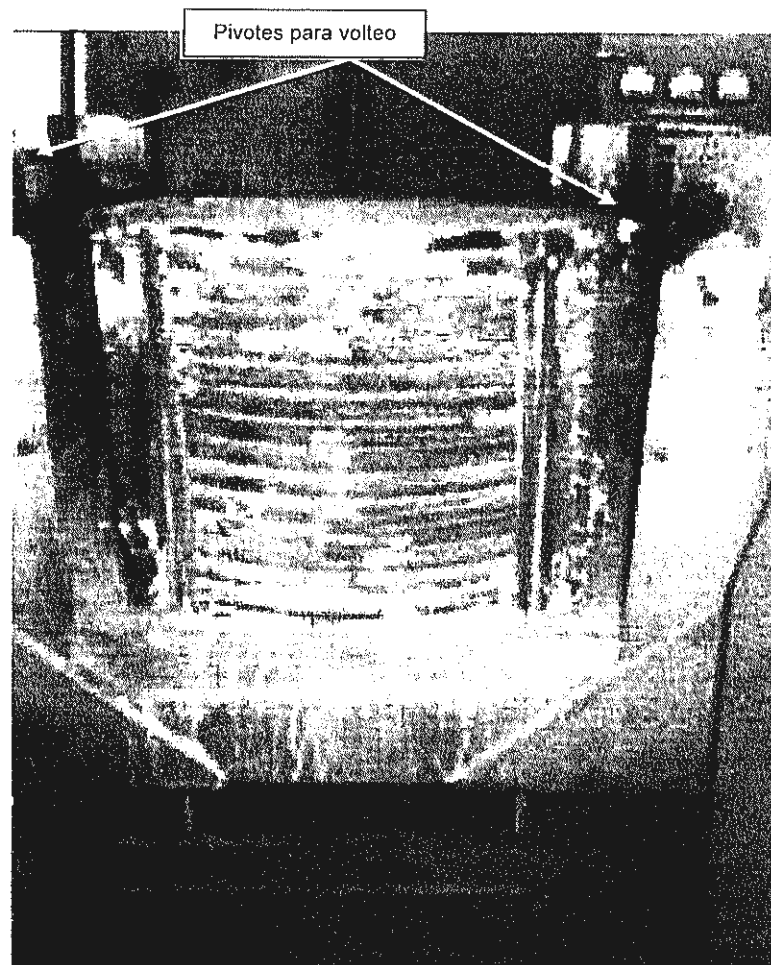


FIGURA 1.5 BOBINA DE INDUCCIÓN Y PIVOTES DE VOLTEO

El horno de inducción funciona y calienta los metales por efecto del campo magnético generado por la bobina tubular de cobre en la cual se

induce corriente a la carga metálica; transformándose la energía eléctrica absorbida en calor; el crisol refractario no impide la acción del campo magnético.

El funcionamiento eficiente del horno depende también del espesor del REFRACTARIO DE SILICE que forma parte del CRISOL , cuya función es:

- Contener la colada;
- Disminuir las pérdidas de calor
- Lograr en su exterior un ambiente adecuado.
- Proteger la bobina de inducción
- Cortar la penetración de metal fundido o derrame de metal
- Soportar la máxima temperatura de operación 1650 °C
- Ser un buen aislante térmico y eléctrico
- Soportar los cambios bruscos de temperatura.
- Resistir el desgaste causado por el flujo ascendente de gases, descenso de cargas y escorias; propiciados durante el proceso de fundición.

El espesor de la capa de refractario de silice, puede variar de 80 a 150 mm.

RESUMEN DE LAS SITUACIÓN AMBIENTAL DE LA EMPRESA

La empresa WIESNER INOX, requiere de una distribución de la Planta que le permita ubicar en forma ordenada la materia prima, insumos y auxiliares.

Además, necesita de la capacitación continua de los operadores y del personal técnico, así como la formulación de Manuales de trabajo, donde se describan los procedimientos y la función de cada trabajador en la planta.

Como consecuencia de lo anteriormente expuesto, el horno no trabaja al máximo de su capacidad, lo cual impide que se desarrolle una producción seriada.

Una de las fortalezas de la empresa radica en la participación y compromiso del Gerente propietario, quien cree que en el buen uso de los recursos naturales; se encuentran oportunidades de ahorro energético y por ende el mejoramiento de los procesos involucrados por medio del uso de las técnicas de Producción más Limpia.

TABLA N° 6

EVALUACIÓN DE LOS DATOS

Evaluación de los aspectos ambientales

Nombre de la Empresa:		Proceso:														
Número de la operación / etapa	Descripción del Aspecto	IMPACTOS					Severidad	Probabilidad (P)			Relevancia del Impacto I = Sv x P	Existen Medidas para Adecuación? 0-No 5-Sí	Existen Medidas para Adecuación? 0-Sí 4-Sí, pero no cumple 6-No	Resultado (sumatoria) R= I+RL+MC	Prioridad	Medidas para Adecuación
		Uso de Recursos Naturales	Contaminación del agua	Contaminación del suelo y aguas subterráneas	Contaminación del aire	Incómodo a partes interesadas										
1	MODELO															
	CONSUMO DE ENERGIA 1000 KW/h (e)	1	0	0	0	0		2	2	0	0	0	2	2		
	MADERA 20 KG/MES (e)	3	0	0	0	0		3	9	0	0	0	9	2		
	CLAVOS 2 KG/MES (e)	1	0	0	0	0		3	3	0	0	0	3	4		
	GOMA 2 l/MES (e)	3	0	0	0	0		3	9	0	0	0	9	2		
	MASILLA PLASTICA 12 l/MES (e)	0	0	0	2	1		3	9	0	0	0	9	2		
	PINTURA BASE 2 l/MES (e)	0	0	0	1	0		3	3	0	0	0	3	4		
	LIJAS 30 PLIEGOS/MES (e)	0	0	0	1	0		2	2	0	0	0	2	5		
	SELLADOR 2 l/MES (e)	0	0	0	2	1		1	3	5	1	1	9	2		
	DILUYENTE 2l/MES (e)	0	0	0	2	1		1	3	5	1	1	9	2		
	CASCO DE MADERA 1 KG/MES (e)	0	0	0	1	0		2	2	0	0	0	2	5		
	TACHO METALICO 10 l/MES (e)	0	0	0	0	0		1	0	0	0	0	1	6		
	POLVO DE MASILLA 1 KG/MES (s)	0	0	0	1	0		2	2	0	0	0	2	5		
	RUIDO 90 DB (s)	0	0	0	1	2		2	6	5	1	12	1	1		
	RESINA (e)	0	0	0	2	1		3	9	0	0	0	9	2		
	CERA (e)	2	0	0	1	1		2	8	0	0	0	8	3		

Nombre de la Empresa:		Proceso:												
Número de la operación / etapa	Descripción del Aspecto	IMPACTOS				Severidad	Probabilidad (P)	Relevancia del Impacto I = Sv x P	Existe Requisito Legal? 0-No 5-SI	Existen Medidas para Adecuación? 0-SI 4- SI, pero no cumple 6-No	Resultado (sumatoria) R= I+RL+MC	Prioridad	Medidas para Adecuación	
		Uso de Recursos Naturales	Contaminación del agua	Contaminación del suelo y aguas subterráneas	Contaminación del aire									Incomodo a partes interesadas
2	MOLDEO	3	0	0	0	0	2	6	0	0	6	2		
	ARENA AGLUTINADA 200 KG/MES (e)	2	0	0	0	0	2	4	0	0	4	5		
	AGUA 400 KG/MES (e)	2	0	0	0	0	3	6	0	0	6	3		
	BENTONITA 200 KG/MES (e)	3	0	0	0	0	2	6	0	0	6	3		
	SILICATO DE SODIO 50 KG/MES (e)	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	6		
	CAJA DE MODELO (e)	3	0	0	0	0	2	6	0	0	6	3		
	GRAFITO 10 KG/MES (e)	0	0	1	0	0	3	3	0	0	3	4		
	RESIDUOS METALICOS PEQUEÑOS 50 KG/MES (s)	0	0	0	1	1	2	4	5	1	10	1		
	RUIDO DE PISON NEUMATICO 85 DB (s)	0	0	0	1	1	3	6	0	0	6			
	ESCORIA (s)	3	0	0	1	1	2	10	0	0	10	1		
3	ARENA QUEMADA (s)													
	SECADO													
	GPL 300 KG/MES (e)	2	0	0	0	0	3	6	5	1	12	1		
	VAPOR DE AGUA (s)	0	0	0	1	0	3	3	0	0	3	4		
	GASES DE COMBUSTION (s)	0	0	0	1	0	3	3	5	1	9	2		

Nombre de la Empresa:		Proceso:										
Número de la operación / etapa	Descripción del Aspecto	IMPACTOS				Probabilidad (P) Relevancia del Impacto I = Sv X P	Existencia Requisito Legal? 0-No 5-Sí	Existen Medidas para Adecuación? 0-Sí 4- Sí, pero no cumple 6-No	Resultado (sumatoria) R= I+RL+MC	Prioridad	Medidas para Adecuación	
		Uso de Recursos Naturales	Contaminación del agua	Contaminación del suelo y aguas subterráneas	Contaminación del aire							Incidencia a partes interesadas
4	CARGA											
	METAL PARA FUSION 2000 KG/MES (e)	2	0	0	0	0	3	6	0	0	6	2
	FERRO-SILICIO 20 KG/MES (e)	2	0	0	0	0	3	6	0	0	6	3
	FERRO-MANGANESO 20 KG/MES (e)	2	0	0	0	0	3	6	0	0	6	3
	FERRO-CROMO 30 KG/MES (e)	2	0	0	0	0	3	6	0	0	6	3
	CROMO-NIQUEL 50%/50% 30 KG/MES (e)	2	0	0	0	0	3	6	0	0	6	3
	RUIDO (PLASMA) 80 DB (s)	0	0	0	0	1	2	6	5	1	12	1
5	FUSION											
	METAL PARA FUNDICION 2500 KG/MES (e)	1	0	0	0	0	3	3	0	0	3	3
	FERRO-SILICIO 20 KG/MES (e)	1	0	0	0	0	3	3	0	0	3	3
	FERRO-MANGANESO 20 KG/MES (e)	1	0	0	0	0	3	3	0	0	3	3
	FERRO-CROMO 30 KG/MES (e)	1	0	0	0	0	3	3	0	0	3	3
	NIQUEL PURO 30 KG/MES (e)	1	0	0	0	0	3	3	0	0	3	3
	CROMO-NIQUEL 50%/50% (e)	1	0	0	0	0	3	3	0	0	3	3
	ENERGIA ELECTRICA 2500 KW/MES (e)	1	0	0	0	0	4	4	0	0	4	2
	RUIDO 90 DB (s)	1	0	0	0	0	4	4	0	0	4	1

Nombre de la Empresa:		Proceso:															
Número de la operación / etapa	Descripción del Aspecto	IMPACTOS				Severidad					Probabilidad (P)	Relevancia del Impacto I = Sv x P	Existe Requisito Legal? 0-No 5-SI	Existen Medidas para Adecuación? 0-SI 4- SI, pero no cumple 6-No	Resultado (sumatoria) R= I+RL+MC	Prioridad	Medidas para Adecuación
		Uso de Recursos Naturales	Contaminación del agua	Contaminación del suelo y aguas subterráneas	Contaminación del aire	Incómodo a partes interesadas											
6	COLADO																
	EMISIONES GASEOSAS (s)	0	0	0	0	2	0	0	3	6	5	1	12	1			
	ENERGIA ELECTRICA 100 KWH (e)	1	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	3	2			
	METAL CHORREADO FUERA DE MOLDES (s)	0	0	0	0	0	2		4	8	0	1	9	3			
7	DESMOLDEO																
	GASES Y VAPOR (s)	0	0	0	0	2	1		3	9	5	0	14	1			
	RUIDO 70 DB (s)	0	0	0	0	1	1		3	6	5	1	12	2			
	ENERGIA ELECTRICA 600 KWH (s)	1	0	0	0	0	0		3	3	5	0	8	3			
	MATERIAL PARTICULADO (s)	0	0	0	0	1	0		3	3	0	0	3	3			
	ARENA QUEMADA 200 KG/MES (s)	1	0	0	0	0	0		3	3	5	3	11	3			
	RESIDUOS METALICOS 50 KG/MES (s)	0	0	0	0	0	1		3	3	5	0	8	4			

Nombre de la Empresa:		Proceso:												
Número de la operación / etapa	Descripción del Aspecto	IMPACTOS				Severidad								Medidas para Adecuación
		Uso de Recursos Naturales	Contaminación del agua	Contaminación del suelo y aguas subterráneas	Contaminación del aire	Incómodo a partes interesadas	Probabilidad (P)	Relevancia del Impacto I = Sv x P	Existe Requisito Legal? 0-No 5-SI	Existen Medidas para Adecuación? 0-SI 4-SI, pero no cumple 6-No	Resultado (sumatoria) R= I+RL+MC	Prioridad		
8	ACABADO	1	0	0	0	0	2	2	5	1	8	4		
	ENERGÍA ELÉCTRICA 600 Kwh. (e)	2	0	0	0	0	3	6	0	0	6	3		
	DISCOS ABRASIVOS 20 U/MES (e)	2	0	0	0	2	4	4	5	0	9	2		
	ACEITE LUBRICANTE 1GALONIMES (e)	2	0	0	0	0	3	6	0	0	6	3		
	WIPE LIMPIO 5 KG/MES (e)	0	0	0	0	1	3	3	0	1	4	3		
	VIRUTA (s)	0	0	0	0	2	4	8	5	0	13	1		
	RUIDO 90 DB (s)													

DEFINICIÓN DE LOS CASOS DE PRODUCCIÓN MAS LIMPIA

Una vez analizados los elementos y el funcionamiento del horno, a continuación se presentan los casos de estudio a los cuales se les aplicará la metodología de Producción más Limpia.

CASO 1. Disminución del consumo de energía mediante la implementación de material refractario apropiado.

En la operación del horno de inducción, es de suma importancia el refractario que forma el denominado crisol; mismo que en todo horno de este tipo se instala manualmente ó con ayuda mecánica, apisonando arena de sílice de alta pureza en el espacio comprendido entre el refractario de seguridad de la bobina de inducción y una virola de chapa de acero de 3mm de espesor que tiene la medida del crisol.

La vida útil del refractario depende de la densidad del mismo y a su vez está relacionada con el número de coladas que se pueden obtener sin que fallen por fisuramiento o por perforación del fondo.

En el presente caso este rendimiento era muy bajo no más de 5 coladas y por ende en términos de consumo de energía era muy alto; la acción que se va a emprender está dirigida a modificar este índice de operación.

CASO 2. Implementación de un Equipo de agua de enfriamiento, dirigido a los circuitos de bobina del horno de inducción y fuente poder.

Históricamente la reparación del horno incluyó el diseño de un equipo para enfriamiento del sistema de fusión del horno por medio de agua; mediante un circuito único constituido por una bomba de circulación, un reservorio de agua, dos radiadores y dos ventiladores cuando el horno usaba sólo el 40% de la capacidad nominal de energía que podía manejar.

Cuando se incrementó la potencia de trabajo a 60% de la capacidad nominal, el circuito de agua de enfriamiento estaba trabajando a temperaturas sobre los 40 grados C; lo cual atentaba contra la operación normal del horno. Por lo que se tuvo que modificar el sistema a dos circuitos independientes. Uno que enfriaba la bobina y otro que enfriaba la fuente de poder.

CASO 3. Preparación de la carga metalúrgica mediante una máquina cortadora de plasma.

Dadas las condiciones limitadas del mercado de la chatarra de acero inoxidable, no es fácil para la empresa conseguir materia prima de

tamaño apropiado para ser una carga de la máxima densidad, es por esta razón que la carga debe ser preparada por medio de corte. En Wiesner Inox. Se ha estado preparando la carga mediante la aplicación de corte con electrodos.

Se realizó una consulta a empresas que comercializan el sistema de corte con plasma y se conoce que tiene ventajas de ahorro energético; por tal motivo su uso debería de ser impostergable.

La tabla de evaluación de aspectos e impactos ambientales que a continuación se muestran, justifican la selección de los casos anteriormente mencionados y que en el siguiente capítulo se describen en detalle.

CAPÍTULO 2

2.- CASOS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA Y SOLUCIONES

Basados en los objetivos de la Empresa, en relación a la disminución de los consumos energéticos generados por el equipo principal para la producción que es el Horno de inducción y después de revisar los aspectos ambientales establecidos en el Capítulo No. 1, se ha podido comprender que el mejoramiento de las prácticas de trabajo y el mejoramiento de ciertos componentes del sistema de fusión nos pueden generar mayor producción y un ahorro apreciable de consumo energético, por consiguiente después de haber cumplido un cronograma de reuniones con el Ecoequipo y la Gerencia se decidió atacar los puntos críticos generados por el funcionamiento anormal del horno de inducción, y cuya corrección está dada por los casos de estudio que se establecieron el Capítulo No. 1 y que son los siguientes:

.

CASO 1. Disminución del consumo de energía mediante la implementación de material refractario apropiado para la eliminación de paradas innecesarias del horno por colapso del refractario.

CASO 2. Separación de circuitos del Equipo de agua de enfriamiento, dirigidos por separado a los circuitos de bobina del horno de inducción y fuente poder a fin de evitar sobrecalentamientos que provocan paradas por colapso de tiristores y disminución de los tiempos de colada por uso de mayor potencia de la fuente de poder.

CASO 3. Preparación de la carga metalúrgica mediante una máquina cortadora de plasma.

2.1 Lay out de la Empresa e Identificación de las Operaciones de proceso.

La empresa WIESNER INOX., se establece en la misma nave industrial que funciona INTRAMET, cuya producción está dedicada a la elaboración de materiales no ferrosos, aleaciones en base a cobre, aluminio, estaño y plomo.

Con el objetivo de diversificar la producción a los nichos del mercado de acero inoxidable, la inclusión del horno de inducción y definición de zonas

de moldeo sectorizadas de acuerdo a cada uno de los metales en producción se impuso un cambio radical en la distribución de planta lo cual ha sido una actividad continua para armonizar la producción artesanal de las tres áreas en producción; a saber: hierro gris y aceros, bronce y aluminio.

Esta disposición es importante por cuanto constituye una de las fortalezas de la empresa WIESNER INOX., ya que otras empresas dedicadas a la fundición no cuentan ni con la tecnología ni con los equipos que posee esta empresa y es por ello que debe tener una imagen ambiental en la que se aprecie orden y organización.

En la figura 2.1 se aprecia la distribución de planta actual.

2.2 Evaluación de la Operación de Fusión, Operación del Horno y de la fusión de los metales

En adelante se anotan las debilidades del proceso:

- Capacidad de horno desperdiciada debido a paradas y por no tener una producción seriada que establezca una operación del horno todos los días.
- No existen áreas definidas para el moldeo de las partes de acero inoxidable y aceros especiales que separan la producción de INTRAMET que se dedica ahora a la producción de no ferrosos.

- No existe área o recipiente para el almacenamiento de arena nueva, ya sea natural o de sílice, siendo ubicadas en la nave industrial dando un mal aspecto.
- Se observan a menudo piezas que entran a reproceso por fallas en la correcta ubicación de mazarotas, para evitar defectos durante la solidificación del metal y se presentan los llamados rechupes “abiertos” o “cerrados”, que son producidos por las contracciones o disminución del volumen del material de las piezas que se traducen en poros visibles y ocultos respectivamente.
- Las áreas de fusión están definidas por la cercanía a los equipos de fusión, los hornos de metales no ferrosos son los de combustible líquido están separados y en lados opuestos al horno de inducción mismo que esta asociado a la producción de inoxidable y aceros aleados, ocasionalmente también se produce hierro gris e hierro dúctil.

La planilla **Categorías de los subproductos, desechos, residuos, efluentes y emisiones**, justifica cuales fueron los aspectos prioritarios que se consideraron para la selección de los Casos.

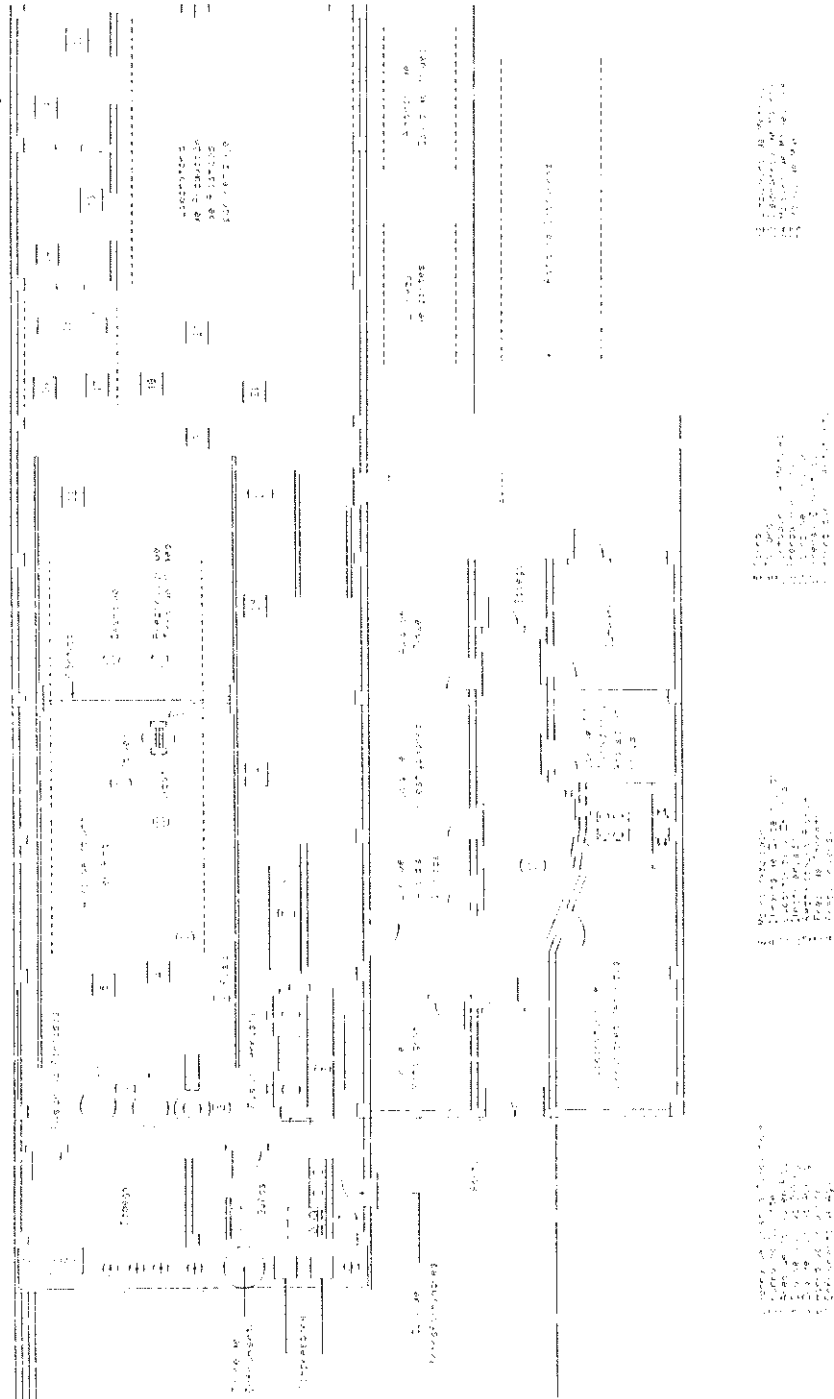


FIGURA 2.1 LAY OUT DE LA EMPRESA

Tabla No. 7

CATEGORÍAS DE LOS SUBPRODUCTOS, DESECHOS, RESIDUOS, EFLUENTES Y EMISIONES

Nº	Categorías	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	Materia prima no utilizada												
2	Productos no comercializados							X	X				
3	Impurezas o sustancias secundarias en las materias primas							X	X				
4	Subproductos inevitables o desechos	X	X		X		X			X			
5	Residuos y subproductos no deseados		X	X	X	X	X	X	X	X	X		
6	Materiales auxiliares utilizados												
7	Sustancias producidas en la partida o parada de equipamientos y sistemas					X	X						
8	Lotes mal producidos o rechazos												
9	Residuos y materiales de mantenimiento				X		X			X			
10	Materiales de manipulación, transporte y almacenaje												
11	Materiales de muestreo y análisis												
12	Pérdidas debido a evaporación o emisiones		X										
13	Materiales de disturbio operacionales o de fugas		X			X	X	X					
Listado de los principales subproductos, desechos, residuos, efluentes y emisiones													
I	MATERIAL PARTICULADO	VII	VIRUTA DE MAQUINADO										
II	GASES DE COMBUSTIÓN	VIII	DESPERDICIO DE ELECTRODOS										
III	RUIDO	IX	RESIDUOS METÁLICOS ACUMULADOS DE DISTINTA PROCEDENCIA										
IV	ESCORIA	X											
V	MATERIAL DE REPROCESO	XI											
VI	ARENA QUEMADA: BENTONITA Y ARENA NATURAL	XII											

Tabla No. 8 Prevención y minimización de desechos con Buenas Prácticas Operacionales

Nº	Alternativas para minimización	Subproductos, desechos, residuos, efluentes y emisiones											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Específico para cada caso													
1	ALMACENAMIENTO DE ARENA NUEVA EN TOLVAS ALIMENTADAS CON TRANSPORTADOR DE CANGILONES DE FOSO DE DESCARGA												
2	CAPACITACION DEL PERSONAL												
3	IMPLEMNTACIÓN DE PROCEDIMIENTOS PARA PREPARACIÓN DE CARGA DE INOX. PARA EL HORNO												
4	GUIA DE CALIDAD PARA LA COMPRA DE CHATARRA DE INOX. PARA CLASIFICAR POR PROVEEDOR												
5	REUBICACIÓN DE CAJA DE MOLDEO Y CHATARRA NO UTILIZADA UBICADOS DENTRO DE LA NAVE					X		X		X			X
6	MEJORAMIENTO DE VACIADO DEL MATERIAL FUNDIDO CON OLLAS DE VACIADO DE CAPACIDAD APROPIADA AL TAMAÑO DE LAS PIEZA												
7	USO DE EPPS												
8	OPTIMIZACIÓN OPERACION DEL HORNO DE INDUCCIÓN PARA DISMINUCIÓN DEL TIEMPO DE COLADA												
9	IMPLEMENTACIÓN DE REGISTRO DE OPERACIONES EN LA HOJA DE COLADA												
I	MATERIAL PARTICULADO									VII	VIRUTA DE MAQUINADO		
II	GASES DE COMBUSTIÓN									VIII	DESPERDICIO DE ELECTRODOS		
III	RUIDO									IX	RESIDUOS METALICOS ACUMULADOS DE DISTINTA PROCEDENCIA		
IV	ESCORIA									X			
V	MATERIAL DE REPROCESO									XI			
VI	ARENA QUEMADA: BENTONITA Y ARENA NATURAL									XII			

2.3 Análisis de las entradas en el proceso de fusión y evaluación de insumos materiales y equipos auxiliares

Nº	Materias primas, insumos y auxiliares	(A) Cantidad anual	Unidad	(B) Costo Unitario (US\$/ unidad)	(A*B) Costo Total Anual (US\$)	Finalidad de utilización	Tipo de Embalaje
1.	Chatarra de acero inoxidable	36000	KG	1.10	39600	Elaboración de piezas	Al granel
2.	Silicato de sodio	1000	KG	0.42	420	Aglomerante	Tambores
3.	Medallones de Niquel	500	KG	16	8000	Ajuste de composición química del inoxidable	En bodega
4.	Chatarra de Aluminio	250	KG	1.50	375	Elaboración de modelos	En bodega
5.	Ferro-manganeso	100	KG	3	300	Ajuste de composición química del inoxidable	En bodega
6.	Ferro-silicio	100	kg	3	300	Ajuste de composición química del inoxidable	En bodega
7.	Gas propano butano	600	KG	0.4	240	Secado de moldes, calentamiento de ollas de vaciado	Cilindros de 45 Kg.
8.	Arena de sílice	20000	Kg.	0.06	1200	Material	Al granel
9.	Carbon mineral	100	kg	0.35	35	Aleante	Ensacado
10.	Bentonita	1000	KG	0.52	520	Aditivo	Ensacado
11.	Dióxido de Carbono	400	kg	0.98	392	Catalizador	Cilindros
12.	Aceites hidráulicos	45	kg	5	225	Lubricación	Tambores
13.	Electrodos	200	kg	0.9	180	Corte	Al granel
14.	Discos abrasivos	100	unid	2.00	200	Acabado	Bodega
15.	Acetileno	140	Kg	1.00	140	Análisis químicos	Cilindro
16.	Energía Eléctrica	500000	kwh	0.11	55000	Motores y horno de inducción	Cableado
17.	Agua	90	m³	0.6	54	Moldes y uso doméstico	Tuberías

2.4 CASO 1. DISMINUCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE MATERIAL REFRACTARIO APROPIADO.

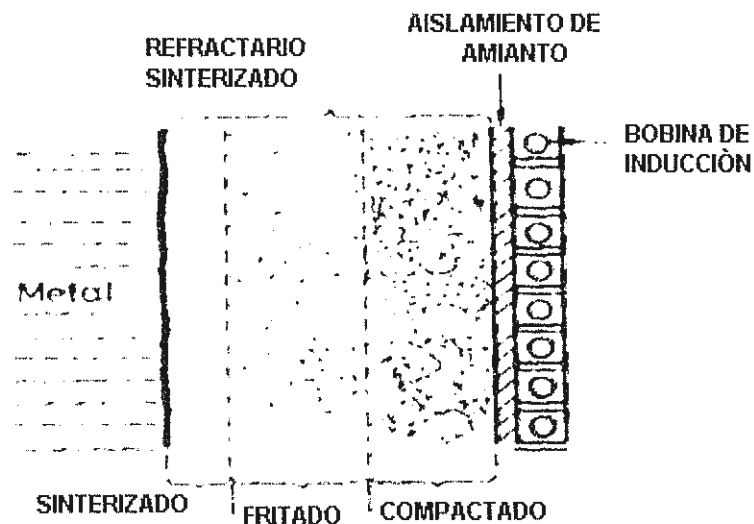


FIGURA 2.2 ESQUEMA DE ZONAS EN EL REFRACTARIO (SINTERIZADO,FRITADO Y ARENA SUELTA)

Los hornos de inducción sin núcleo usan un crisol que se lo hace "In Situ" por medio de apisonado del material refractario en seco mezclado con su agente sinterizante y luego es "quemado" por medio de aplicación de calor siguiendo una curva de calentamiento hasta tener los granos de refractario unidos por sinterización.

En la sinterización se busca el efecto de unión de los granos aproximándolos a través de un ligante que para el caso de la sílice es el ácido bórico, de tal manera que aumenta la densidad del material refractario por el efecto de una

fusión incipiente. En esta operación se sigue un régimen de incremento de la temperatura a diferentes velocidades de calentamiento lo cual es crucial en el “quemado” de este tipo de refractario, por dos motivos: la alotropía de la sílice que va acompañada de cambios de volumen, lo cual hace a este material sensible a las fisuras. Remarcando lo expresado anteriormente, en la etapa de sinterización se debe tener presente la velocidad de calentamiento en las regiones más críticas por las que pasa la sílice por ser un material que cambia su estructura atómica con la temperatura y en cada cambio de estructura existe el peligro de introducir cambios bruscos que dañan el refractario por lo tanto es importante definir y seguir una curva de sinterización. En la **Figura N° 2.3**

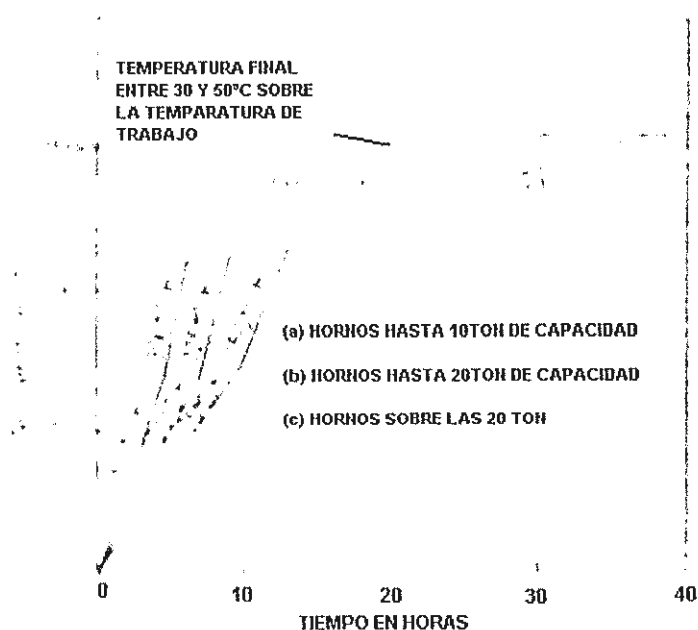


FIGURA 2.3 CURVA DE SINTERIZADO

La temperatura a la que inicialmente se somete la mezcla que se convertirá en revestimiento refractario es de 140°C, por el lapso de dos horas, que sirve para eliminar la existencia de agua a partir de ese lapso, la temperatura de calentamiento se va incrementando a razón de 80° C /hora durante un tiempo de seis horas hasta llegar a 400 ° C, luego se incrementa a razón de 150°C/hora hasta llegar a 800°C periodo que habrá durado unas 4 horas más.

Por encima de los 800 ° C nos encontramos con la fase de tridimita donde ocurren expansiones térmicas pequeñas por lo que la velocidad de calentamiento puede ser incrementada hasta 300°C/h y en total 16 horas. A más del tiempo de sinterización señalado se debe contar con el tiempo que dura la colada que se hace inmediatamente hasta llegar a las temperaturas de 1500°C o 1600°C según se trate del hierro gris o acero que en condiciones actuales es de 3 horas, entonces una sinterización y colada dura de 19 a 20 horas, energía eléctrica suministrada por la fuente de poder que constituiría una pérdida en caso de fallar el refractario.

La arena de sílice utilizada para la elaboración del material refractario, es originaria de la región Oriental, de la zona Linón Indanza, el análisis químico del material indica que contiene: 98.3% SiO_2 , 0.15 % Al_2O_3 , 0.014 Fe_2O_3 .

Corresponde químicamente a un refractario del tipo ácido y se utiliza como ligante el ácido bórico y que su comportamiento químico a temperatura

elevada es compatible para la fusión de hierro gris y acero al carbono principalmente ya que las escorias que se desarrollan durante la colada son de la misma condición y no hay reacción negativa entre el refractario y la escoria.

Luego de realizados los cambios de espesor del refractario en el horno de inducción también se ha logrado mejorar los parámetros eléctricos de funcionamiento y por consiguiente ahora se trabaja con un 85% de la potencia nominal, lo que ha reducido el tiempo de operación de 5 ½ horas a 3 horas de colada.

Antes de la modificación de la calidad del refractario relativa a la granulometría de la arena se usaba arena de sílice "sintética" que es la arena que ha sido lavada y tamizada en la mina para separar grano excesivamente grande y se consigue en Guayaquil con una granulometría tal como se indica en la tabla 9. La información técnica consultada y perteneciente a la BCIRA (British Cast Iron Research Association) establece que los granos de arena deben tener una combinación de tamaños que den la máxima densidad posible. De acuerdo a un estudio realizado en Inglaterra los mejores resultados que se han conseguido con crisoles hechos con arena de sílice que ha sido la mezcla que está indicado en la tabla N°10 y que fue seguida fielmente

Tabla 9.**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SÍLICE**

U.S. MESH (#. malla)	MICRONS (μm)	GRAMOS (gr)	PORCENTAJE %	RETENIDO ACUMULADO%
4	4760	24.06	6.02	6.02
8	2380	39.83	9.96	15.98
10	2000	32.22	8.05	24.03
16	1190	35.75	8.94	32.97
30	595	34.57	8.64	41.61
40	400	28.36	7.09	48.70
50	297	29.12	7.28	55.98
70	210	28.16	7.04	63.02
80	177	18.74	4.68	67.70
100	149	20.44	5.11	72.81
200	74	28.75	7.19	80.00
Fondo	63	80.00	20.00	100.00

Tabla N°10**Granulometría para revestimiento en base a la arena de sílice.**

Grano grueso > 850 μm	Grano medio 850 – 200 μm	Grano fino 200-63 μm	Grano ultra fino < 63 μm
33%	30%	17%	20%

No sólo la esta condición de arena sin clasificar perjudicaba la vida del refractario sino también la práctica de sinterización seguida; en la condición anterior al cambio no se usaba una curva de sinterización que respetara los cambios volumétricos provocados por la modificación de

estructuras a los 400°C que se realiza el cambio de sílice a cristobolita y los 800 °C que se lleva a cabo la modificación de cristobolita a tridimita. Actualmente se siguen regímenes de calentamiento controlados por medio de una termocupla que se instala en el refractario para llevar a cabo el calentamiento con operación manual del horno a la más baja potencia, 15% de la potencia nominal, tal como se aprecia en la figura 2.3 que se presenta a continuación.

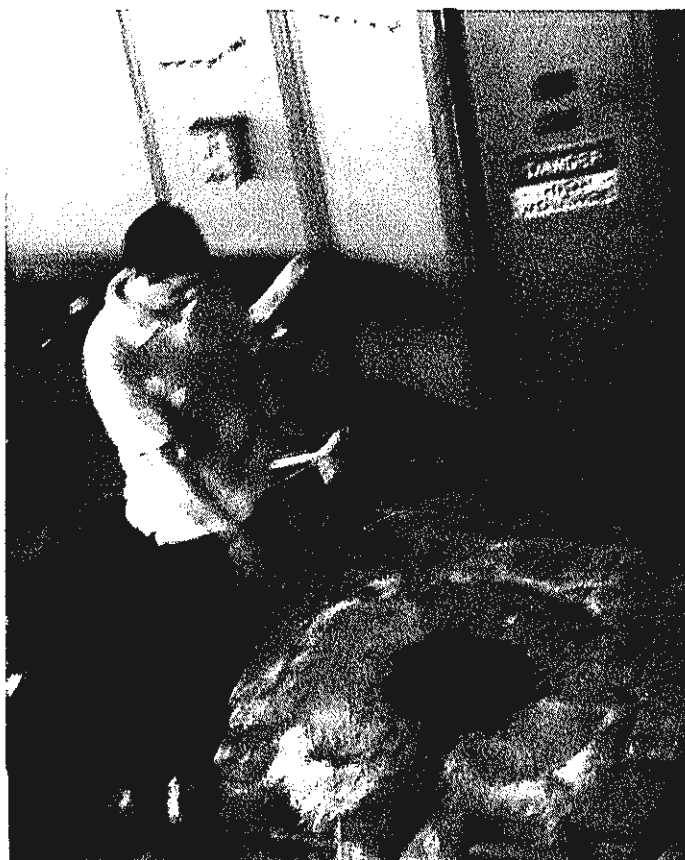


FIGURA 2.4 PERSONAL TÉCNICO REALIZANDO MONITOREO DE LA TEMPERATURA DURANTE EL PROCESO DE SINTERIZADO

A más de las malas prácticas seguidas y que fueron explicadas en párrafos anteriores existía otra condición que afectaba la vida del crisol del horno y por ello solo se tenía una utilización de máximo de 12 coladas y este factor era el espesor del refractario y su control después de cada colada.

En condiciones normales para un refractario de sílice su duración debe prolongarse por más de 50 coladas, cuando está dedicado a una producción seriada de hierro gris, pero cuando se usa para la fusión de acero al carbono o acero inoxidable, el ataque que sufre el refractario es altamente severo, ya sea por la temperatura de trabajo, sobre los 1500 ° C o por la escoria que se forma en la fusión en caso de usarse el horno para fusión de acero inoxidable, y es como en efecto se hace en Wiesner Inox el incremento de escoria se traduce en desgaste del espesor del refractario.

Se decidió entonces modificar las medidas del crisol haciendo que el espesor de la pared del mismo se vea incrementado desde 3" a 3¾". Este cambio se realizó en una sola de las cubas de fusión y por ende ahora se tiene un crisol para inoxidable de 300 Kg. de capacidad y el otro crisol que se usa para hierro gris de 500 Kg. de capacidad. La operación antes de la fusión consiste en la medición de la zona baja del crisol donde existe el mayor desgaste y si es necesario se realiza la restitución de medidas por medio de aplicación de parches con arena de sílice mezclado con silicato de

sodio. En el horno de inducción el cálculo del Balance de energía se consigue de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$Q_{Tot} = Q_U + Q_E + Q_A + Q_{Pérdidas}$$

Donde.

Q_{Tot} = Energía proporcionada al horno por la unidad de potencia

Q_U = Energía útil a la carga

Q_E = Energía proporcionada a la escoria durante el proceso de fusión

Q_A = Energía pérdida por radiación

Q_{perd} = Energía perdida por las paredes, falta de aislamiento y por el sistema de enfriamiento

Energía de entrada

Tiempo promedio efectivo de fusión: horas y min [Horas]

Potencia promedio [Kw]

Q_{Tot} = Potencia por tiempo de fusión

$Q_{Tot} = Kw \times Hrs = KWh$

Energía de Salida

Calor útil a la carga (Q_U):

Cantidad de hierro obtenida en las coladas [Kg]

Calor específico del metal fundido : 0.19 Kcal / Kg°C

Temperatura media de la colada de hierro líquido: °C

Temperatura ambiente promedio: °C

QU= Masa de hierro x calor específico de hierro x (temperatura del hierro líquido – temperatura ambiente)+ masa de hierro x entalpía de fusión

$$QU= --KG*0.19\text{cal/Kg}^{\circ}\text{C}*(T_m^{\circ}\text{C}-T_{amb}^{\circ}\text{C}) + (--Kg.*63.7 \text{ Kcal./Kg.})$$

$$= --\text{Kcal}/860 \text{ Kcal/Kwh} = [\text{Kwh}]$$

Calor sensible de la escoria (QE):

Cantidad de escoria obtenida en una colada : Kg. (valor aproximado, ya que no se cuenta con otra información , valor promedio de la entalpía de la escoria: 390 Kcal/Kg)

QE: Cantidad de escoria x entalpía promedio

$$QE: \text{Kg escoria} \times 390 \text{ cal/kg} = \text{Kcal}/860 \text{ Kcal/Kwh} = --: [\text{Kwh}]$$

Calor por pérdidas por aberturas (QA): energía pérdida por radiación como consecuencia de la falta de tapa en el horno de inducción.

Superficie de abertura [mt²]

Temperatura en el interior del horno °C

Factor de radiación para una abertura redonda 0.9

Tiempo de aberturas: (horas)

$QA = 4.88 \times 10^{-8} \times \text{temperatura en el interior del horno, } ^\circ K)^4 \times \text{superficie de abertura} \times \text{factor de radiación} \times \text{tiempo de abertura}$

$$QA = [(4.88 \times 10)^{-8} \times (-^\circ C + 273)^4 (\text{Kcal/h} \cdot \text{mt}^2) \times (-\text{mt}^2) \times 0.9 \times \text{kw} \cdot \text{h} / 860 \text{Kcal} \cdot \text{h} \times t(\text{h})$$

$$= \text{KWh}$$

QPerd= las pérdidas totales involucran las pérdidas de calor de la bobina, falta de aislamiento, pérdidas por el sistema de enfriamiento y pérdidas de calor en las paredes del horno.

Balance de energía del horno de inducción eléctrica

En primer lugar se obtiene la energía total suministrada.

$$Q_{\text{Tot}} = \text{Potencia} \times \text{tiempo de fusión}$$

$$Q_{\text{tot}} = 250 \text{Kw} \times 5 \text{ hrs} = 1250 \text{ Kwh}$$

Ahora calculamos la energía útil por aporte de calor metal.

$$QU = M \cdot C_p \cdot (\Delta T) + MC_f$$

$$QU = 1500 \text{KG} \cdot 0.19 \text{Kcal/Kg} \cdot ^\circ C \cdot (1600^\circ C - 30^\circ C) + (1500 \text{Kg} \cdot 63.7 \text{ Kcal/kg})$$

$$QU = 543000 \text{kcal} / 860 \text{ Kcal/Kwh} = 631.40 \text{ Kwh}$$

Ahora la cantidad de calor perdida en la escoria.

$$QE = \text{cantidad de escoria} \times \text{entalpía promedio}$$

$$QE = 20 \text{Kg escoria} \times 390 \text{Kcal/kg} = 7800 \text{Kcal} / 860 \text{Kcal/Kwh} = 9.06 \text{Kwh}$$

Por último la capacidad de calor perdido por radiación

$$QA = 4.88 \times 10^{-8} \times (T_i^\circ K)^4 \times \text{abertura} \times \text{factor de radiación} \times \text{tiempo de abertura}$$

$$QA = (4.88 \times 10^{-8}) \times (1873)^4 (\text{kcal/h} \cdot \text{m}^2) \times \pi \times (0.4 \text{m}^2) / 4 \times 0.9 \times 5 \text{hr}$$

$$QA = 339620 \text{ kw} \cdot \text{h} / 860 \text{kcal} \cdot \text{h}$$

$$QA = 394 \text{kwh}$$

Otras pérdidas ocasionada por el sistema de enfriamiento de inducción y conducción en el refractario

Qperd= las pérdidas totales si se asumen a un 17%

$$Q_{\text{perd}} = 212.5 \text{ Kwh}$$

A continuación se expone la Tabla 11 de Energía consumida por una colada de Acero Inoxidable. Fuente Tesis de Grado del Ing. Federico Ochoa y que se usará posteriormente para calcular los beneficios ambientales por ahorro de energía.

Tabla N°11

ENERGÍA CONSUMIDA POR FUNDICIÓN DE COLADA DE ACERO INOXIDABLE

Aportación de Energía	Energía en Kwh	Porcentaje
Entradas Q _{TOT}	1250 Kwh	100%
Salidas		
Energía útil (QU)	631.4 Kwh	50.50 %
Energía Escoria (QE)	9.06 Kwh	0.72%
Energía Radiación (QA)	394 Kwh	31.58%
Energía en sistema de enfriamiento	212.5	17.8%

2.5 Caso No. 2: IMPLEMENTACIÓN DE UN EQUIPO DE AGUA DE ENFRIAMIENTO, DIRIGIDO A LOS CIRCUITOS DE BOBINA DEL HORNO DE INDUCCIÓN Y FUENTE PODER.

Información sobre un Sistema de Agua de Enfriamiento

Las primeras coladas del horno rehabilitado se hicieron con apenas 35% de la capacidad nominal del equipo hablando en términos eléctricos o sea Kw. efectivo consumidos y para estas condiciones se improvisó un equipo para enfriamiento de agua de circulación con partes que estaban dentro de la nave y respondían a cálculos de transferencia de calor entre el agua de enfriamiento y los elementos que deben limitar su temperatura hasta 45°C.

En la siguiente foto se aprecia el equipo ensamblado, sobre el se ubicaron dos radiadores con sus respectivos ventiladores y motores, en la parte inferior se ve la bomba de circulación instalada y el resultado fue bueno, o sea que la temperatura del sistema se mantenía debajo de 40 ° C. Después de implementar las mejoras en la fuente de poder se pudo trabajar con mayor potencia alrededor de 80% de la potencia nominal y 3 horas de tiempo de colada, el resultado fue que el equipo de agua de enfriamiento fue insuficiente y la temperatura del sistema llegó a sobrepasar los 60 °C, esta condición perjudicó la fuente de poder, puesto que los elementos eléctrico-electrónicos que tienen la función de

modificar la frecuencia de la red de 60 ciclos/seg., a 1000 ciclos/seg., comienzan a trabajar erráticamente a temperaturas próximas a los 80 ° C.

A fin de eliminar esta y otras fallas en el sistema de generación de alta frecuencia en la fuente de poder y que suministre esta corriente modificada a la bobina de inducción, se tomó la decisión de dividir en dos circuitos el sistema de agua de enfriamiento que hasta el momento funcionaba como un circuito único y es la que se aprecia en la figura 2.4.

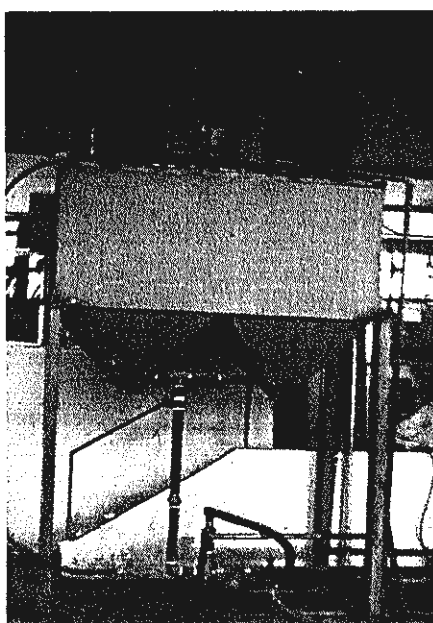


FIGURA 2.5 EQUIPO ORIGINAL PARA AGUA ENFRIAMIENTO

Este equipo como ya se mencionó se tuvo que modificar a la condición actual y este equipo esta formado por:

- Dos radiadores con sus respectivos motores y ventiladores.
- Un motor de 1.5 Hp de 3500 rpm, 220 V.

- Un motor de 1.5 Hp de 3450 rpm, 220 V.
- Un reservorio de 2.4 m de long., 1.22 m ancho y 1.22m de profundidad
- Tuberías de ½ pulg para el suministro de las líneas y de 2 pulg para el retorno.
- Dos bombas de 3 Hp. .

Se adiciono otro reservorio de agua de 200 galones de capacidad y se conectó el circuito de agua de enfriamiento para los requerimientos de la fuente de poder; se separaron los circuitos y se colocó otro bomba de 3hp para que trabajé como bomba de recirculación del circuito que abastece de agua a la fuente de poder.

El enfriamiento del agua que saca calor del sistema se realizó por medio de los dos radiadores que están sobre el sumidero.

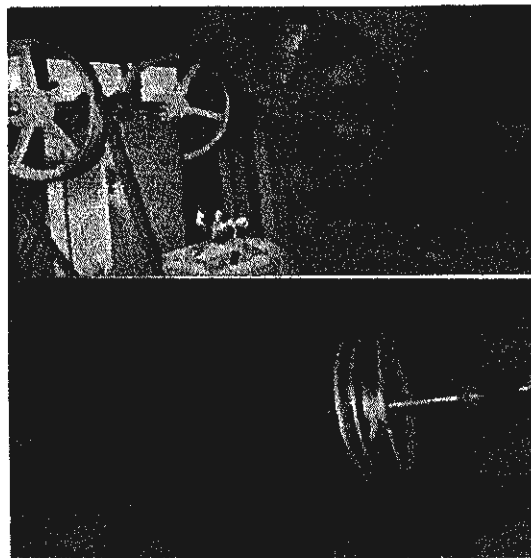


FIGURA 2.6 VISTA AXIAL DEL VENTILADOR CONECTADO AL RADIADOR

El caudal es dividido para tres líneas: una bomba trabaja con la bobina y la otra bomba nueva trabaja con dos líneas que abastecen la fuente de poder y estas poseen dispositivos de control de temperatura, presión y válvulas de seguridad. El caudal de retorno sale de cada equipo pasan por los radiadores, para luego caer al reservorio o sumidero

Cabe anotar que durante la implementación de este sistema de enfriamiento, el balanceamiento dinámico de los ventiladores es muy importante porque pueden provocar problemas de vibración en la estructura.

Se realizó luego de la implementación del sistema, una evaluación térmica del los componentes mediante comparaciones de valores teóricos y prácticos de las temperaturas, a la entrada y salida de los radiadores, los resultados de estas mediciones se encuentran en la tabla N° 13 y 14

Tabla N° 12
TEMPERATURAS TEÓRICAS Y PRÁCTICAS EN RADIADOR 1

Temperatura (°C)	Teórico	Práctico
T (entrada) aire	27	27
T(salida) aire	33.48	34.00
T (salida) agua	35.47	35
T (entrada) agua	36	36

Tabla N° 13
Temperaturas teóricas y prácticas en radiador 2

Temperatura (°C)	Teórico	Práctico
T (entrada) aire	27	27
T(salida) aire	33.84	35
T (entrada) agua	48	48
T (salida) agua	46.88	45

2.6CASO 3. PREPARACIÓN DE LA CARGA METALÚRGICA MEDIANTE UNA MÁQUINA CORTADORA DE PLASMA

Al no existir en el medio proveedores de materia prima calificados, la empresa se encarga de realizar la preparación de la carga metálica empleando para el efecto un cortador de plasma que es la máquina más apropiada para cortar la chatarra de acero inoxidable.

Las condiciones que debe reunir la carga metálica para ser depositada en el crisol del Horno de inducción, son las siguientes:

- 1.- Limpieza externa, para lo cual debe estar libre de óxidos metálicos, tierra, aceites y cualquier tipo de material extraño al acero inoxidable.
- 2.-Debe ser Certificada en relación a su composición química (del tipo 304,310,410) en forma individual, no la mezcla de estos tres aceros.

3.-Debe ser de tamaño pequeño y uniforme, ya que un excesivo tamaño trae como consecuencia la prolongación del tiempo de colada.

Estas tres condiciones antes mencionadas, exigen que el corte del metal se realicen realice con una máquina apropiada como la de plasma. Otros métodos conocidos como corte mecánico solo es aplicable a secciones de hasta 6 mm. de espesor; el corte con oxiacetileno no da resultados adecuados; el corte con agua y abrasivos es de elevado costo; el corte con electrodo de grafito es muy lento y también de elevado costo.

Es por tal motivo que la empresa WIESNER INOX, requiere de la adquisición de la máquina de plasma que puede cortar hasta dos pulgadas de espesor, dicha adquisición representa una inversión del orden de los \$6.000, sin embargo en los actuales momentos la Empresa no está en disposición económica para realizar tal inversión, la misma que será una meta para el presente año.

CAPÍTULO 3

3.EVALUACIÓN DE LAS SOLUCIONES IMPLANTADAS

La evaluación de cada uno de los casos sujetos a estudio en el presente trabajo, obedece a la inversión, ingresos y egresos que generan la producción de las piezas de acero inoxidable en el Horno de Inducción, tomando como referencia la producción mensual y su proyección durante el año.

3.1 Disminución del consumo de energía mediante la instalación de refractario apropiadamente elaborado.

La disminución del consumo de Energía mediante la instalación de refractario apropiadamente elaborado, se realizó la sustitución de arena de sílice sin clasificación de tamaño de grano y mezcla apropiada por arena de sílice y con mezcla granulada, para el efecto se utilizó una arena de sílice con una concentración de 98.3% de SiO_2 . El resultado de esta acción fue mejorar la capacidad de producción de coladas de 12 a 25 sin

paradas, en cambio el primer caso se tenía dos coladas fallidas por colapso del refractario y en el segundo caso ninguna colada fallida, se establece como ganancia ambiental y la energía eléctrica mejor aprovechada.

3.2 Disminución de las fallas eléctricas en el Horno, mediante la instalación de un Sistema de agua de enfriamiento para fuente de poder.

La disminución de las fallas eléctricas en el Horno de Inducción, mediante el mejoramiento con la instalación del equipo de agua de enfriamiento para fuente de poder contribuyó a eliminar las fallas de los tiristores, mismos que teníamos consumo mensual antes de la modificación, para los cálculos de los beneficios económicos y ambientales se tomarán en cuenta la producción mensual de dos tipos diferentes de coladas, una ordinaria de acero o hierro cuyo costo medio es de 1.5 USD/por kilo y la otra especializada de acero inoxidable de costo medio 6 USD/ por kilo.

Cabe indicar que la empresa WIESNER INOX., fabrica sus partes metálicas mediante una producción que sujeta de acuerdo a las demandas del sector industrial, es decir su producción no se realiza en serie. Es por tal motivo que los cálculos que se detallan a continuación se los ha realizado en base al valor en dólares que tienen las coladas de acuerdo al material que se utiliza.

3.1 Evaluación Económica Caso No. 1: Disminución del consumo de energía mediante la instalación de refractario apropiadamente elaborado

Resumen de datos para la evaluación económica

- Costo del Cambio Ingreso		USD\$ 4,800.00
- Costo operacional antes de la P+L(5 coladas logradas por mes)		
Revestimiento \$ 43.3, Personal \$ 2400; Metal (acero inoxidable) \$ 600; Ferro Silicio \$ 40; Ferro Manganeso \$ 60; Aleación (50%Cr, 50% Ni) \$ 500; Energía \$ 742.5; Arriendo \$ 450		USD\$ 4,835.80
- Costo operacional después de la P+L (10 coladas logradas por mes)		
Revestimiento \$ 21.6; Personal \$2400; Metal (acero inoxidable) \$1200; Ferro Silicio \$80; Ferro Manganeso \$120; Aleación (50% Cr, 50% Ni) \$100; Energía \$1485; Arriendo \$450		USD\$ 5,856.50
- Beneficio económico		
INGRESO AHORA 10 coladas = 8 coladas x 1.5 USD/Kg; 400 Kg x 8 = 3200 x 1.5 = 4800 2 coladas x 6 USD/Kg; 400 x 2 = 800 x 6 = 4800		USD\$ 9,600.00
INGRESO ANTES 4coladas = 4 coladas x 1.5USD/Kg; 4 x 400 = 1600 x 1.5 = 2400USD 1 colada = 1 colada x 6 USD/KG; 1 x400 = 400 x6 2400 USD		USD\$ 4,800.00
- Beneficio ambiental		
Situación Antes: Escombros, arena quemada, escoria, energía desperdiciada por colapso de coladas		
Situación Después: Escombros, arena quemada,escoria,energía desperdiciada por colapso de colada		
Antes: 4 coladas colapsadas :		USD\$ 14,543.2
Revestimiento \$43.3, personal \$2,400, energía \$ 742.5, arriendo \$450.00 = \$ 3,635.8 x4 =		
Después: 1 colada colapsada		USD\$ 4,356.6
Revestimiento \$21.6, personal \$2,400, energía \$1,485, arriendo \$450.00 = \$4,356.6 x 1=		USD\$ 10,186.6

3.2 Evaluación Económica. CASO No. 2 : Implementación de un equipo de agua para el sistema de enfriamiento

MANTENIMIENTO ELÉCTRICO

- Costo del Cambio(COSTO DE MODIFICACIÓN DEL EQUIPO PARA DIVISIÓN DE DOS CIRCUITOS INDEPENDIENTES PARA ENFRIAMIENTO DE UNIDAD DE PODER Y CUBA DE FUSIÓN)

INVERSIÓN = \$ 1040

UNA BOMBA DE 3 HP \$300; 1 SUMIDERO \$150; UN RADIADOR \$200; UN VENTILADOR \$150; UN MOTOR DE 1 HP \$40; TUBERÍAS, MANGUERAS, ACCESORIOS, ABRAZADERA \$200

USD\$ 1,040.00

- COSTO DE MANTENIMIENTO ELECTRICO (ELEMENTOS ELÉCTRICOS Y ELECTRONICOS)

6 TIRISTORES /MES \$1500; 6 INTEGRADOS/MES \$60; 4 RESISTENCIAS /MES \$200 (SERVICIOS EXTERNOS); 2 REPARACIONES DE TARJETAS ELECTRÓNICAS \$400; 3 CALIBRACIONES DE EQUIPOS \$300; 2 ALUMNOS ELECTRÓNICOS EN ENTRENAMIENTO \$480

EL VALOR DE \$ 2940 SE LO MULTIPLICA POR 6 VECES QUE SE REALIZO EL MANTENIMIENTO DURANTE AL AÑO. USD\$ 17,640.00

- COSTO OPERACIONAL DESPUÉS DE LA P+L

EL VALOR DE \$ 2940 POR 2 VECES QUE SE PLANIFICA QUE REALICE EL MANTENIMIENTO DURANTE AL AÑO. USD\$ 5,880.00

- BENEFICIO ECONÓMICO EN EL AÑO

- BENEFICIO AMBIENTAL

USD\$ 11,760.00

CAPITULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Basados en las técnicas de Producción más Limpia se ha podido cambiar las condiciones de trabajo, consiguiendo beneficios económicos y ambientales basados en la búsqueda de la Energía eléctrica consumida durante las coladas y al ahorro de dinero conseguido en las operaciones de mantenimiento eléctrico y electrónico; que generaba la deficiencia del sistema de agua de enfriamiento por lo tanto concluimos.

Es por ello que destacamos las siguientes conclusiones:

- Se alcanzó un ahorro de energía por mejoramiento de refractario del crisol y que traducido a costo en dinero es de 10,186.60USD.
- Se consiguió la disminución de los costos de mantenimiento eléctrico-electrónico de USD \$ 17,640.00 a USD \$ 5,880.00

Recomendaciones

A fin de continuar con las mejoras que coloquen al horno de fusión en su mejor condición de eficiencia térmica se hacen las siguientes recomendaciones:

- Instalación de medidor de factor de potencia con registro de datos para establecer la eficiencia actual y los posibles mejoramientos
- Seguir con los planes de actualización de tarjetas electrónicas y modernización de la fuente de poder
- Implementar el sistema de desmineralización del agua de enfriamiento.