

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE**

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN  
CON LA COLECTIVIDAD**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ECONÓMICAS,  
ADMINISTRATIVAS Y DE COMERCIO**

**MAESTRIA EN GESTIÓN DE LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD**



**DIAGNÓSTICO DEL PROCESO DE CALENTAMIENTO DE  
ACERO LÍQUIDO PARA LA COLADA CONTINUA EN LA  
EMPRESA ADELCA E IMPLEMENTACIÓN DE LA MEJORA  
MEDIANTE RUTA DE LA CALIDAD**

**AUTOR: ANDREA PAULINA GUALOTUÑA SEGARRA**

**DIRECTOR: ING VICTOR PUMISACHO MSc.**

**SANGOLQUÍ, 2013**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE**  
**MAESTRIA EN GESTIÓN DE LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD**  
**CERTIFICADO**

**ING. VICTOR PUMISACHO, MSc.**

**CERTIFICA**

Que el trabajo titulado: “DIAGNÓSTICO DEL PROCESO DE CALENTAMIENTO DE ACERO LÍQUIDO PARA LA COLADA CONTINUA EN LA EMPRESA ADELCA E IMPLEMENTACIÓN DE LA MEJORA MEDIANTE RUTA DE LA CALIDAD”, realizado por Andrea Paulina Gualotuña Segarra, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Sangolquí, 1 de octubre de 2013

---

Ing. Victor Pumisacho MSc.

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE**  
**MAESTRIA EN GESTIÓN DE LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD**  
**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**ANDREA PAULINA GUALOTUÑA SEGARRA**

**DECLARO QUE:**

La Tesis de grado denominada: “DIAGNÓSTICO DEL PROCESO DE CALENTAMIENTO DE ACERO LÍQUIDO PARA LA COLADA CONTINUA EN LA EMPRESA ADELCA E IMPLEMENTACIÓN DE LA MEJORA MEDIANTE RUTA DE LA CALIDAD”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan en el pie de las páginas correspondiente, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es mi autoría.

En virtud de esta declaración me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico de la tesis de grado en mención.

Sangolquí, 1 de octubre de 2013

---

Andrea Paulina Gualotuña Segarra

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE**  
**MAESTRIA EN GESTIÓN DE LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD**  
**AUTORIZACIÓN**

Yo, **ANDREA PAULINA GUALOTUÑA SEGARRA**

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, la publicación, en la Biblioteca Virtual de la institución del trabajo de “DIAGNÓSTICO DEL PROCESO DE CALENTAMIENTO DE ACERO LÍQUIDO PARA LA COLADA CONTINUA EN LA EMPRESA ADELCA E IMPLEMENTACIÓN DE LA MEJORA MEDIANTE RUTA DE LA CALIDAD”, cuyo contenido, ideas y criterio son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Sangolquí, 1 de octubre de 2013

---

Andrea Paulina Gualotuña Segarra

## DEDICATORIA

*A mis padres Abdón y Sabina y hermana Evelin por ser el motivo que me impulsa a superarme continuamente, a mi nueva razón de existir mi hija SOL, que por ella todo lo daré, a Cruz que me ayuda ser cada día mejor como profesional pero sobre todo como persona. A mis amigos y familiares que siempre han creído en mí.*

*Andrea Paulina Gualotuña Segarra*

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios, por brindarme la oportunidad de culminar otro peldaño más en mi vida formativa.*

*Al Ing. Víctor Pumisacho, por su apoyo y asesoría a lo largo de la ejecución de este trabajo.*

*A la empresa Acería del Ecuador ADELCA C.A, por abrirme las puertas y confiar en mí como profesional para la implementación de las acciones propuestas.*

*A todas y cada una de las personas que colaboraron para alcanzar esta nueva meta establecida.*

*Andrea Paulina Gualotuña Segarra*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCION.....	1
CAPÍTULO I GENERALIDADES.....	3
1.1. La Empresa ACERIA DEL ECUADOR .C.A. ADELCA.....	4
1.1.1. Antecedentes de ADELCA.....	4
1.1.2. Unidades de Producción.....	5
1.1.3. Proceso de Producción ACERIA.....	8
1.1.3.1. Preparación de Cargas de Cesta.....	9
1.1.3.2. Fundición de Chatarra.....	10
1.1.3.3. Calentamiento Homogenización de Acero líquido.....	11
1.1.3.3.1. La cuchara.....	13
1.1.3.4. Colado Continuo de Acero.....	15
1.1.3.4.1. Configuración de las máquinas.....	15
1.1.3.4.2. El Tundish o repartidor.....	16
1.1.3.4.3. Sistema de enfriamiento Primario y Secundario.....	18
<b>1.1.3.4.4.</b> Equipos de calentamiento.....	<b>20</b>
1.1.3.4.5. Parámetros de Colada Continua (Variables del Proceso).....	21
1.2 Antecedentes.....	23
1.3 Justificación e Importancia.....	24
1.4 Definición del Problema.....	26
1.5 Objetivos.....	29
1.5.1 Objetivo General.....	29
1.5.2 Objetivos Específicos.....	29
CAPITULO II MARCO TEÓRICO.....	30
2.1. Los procesos de mejora continua.....	30
2.2. El control del proceso.....	30
2.3. El ciclo de control.....	31
2.4. Metodología para lograr la mejora continua.....	33
2.4.1. La importancia de la Ruta de la Calidad.....	33
2.4.2. Pasos de la Ruta de Calidad.....	35
<b>2.4.2.1.</b> Definir el Proyecto.....	<b>36</b>
<b>2.4.2.2.</b> Describir la situación actual.....	<b>38</b>
<b>2.4.2.3.</b> Analizar hechos datos para aislar las causas raíz.....	<b>39</b>
<b>2.4.2.4.</b> Establecer acciones para eliminar la causa raíz.....	<b>39</b>
<b>2.4.2.5.</b> Ejecutar las acciones establecidas.....	<b>40</b>
<b>2.4.2.6.</b> Verificar resultados.....	<b>41</b>

<b>2.4.2.7.</b>	Estandarizar.....	43
<b>2.4.2.8.</b>	Documentar y definir nuevos proyectos.....	44
2.4.3.	Los grupos de mejora.....	47
2.4.4.	Clima Organizacional.....	48
2.5.	Marco de referencia de las herramientas de Gestión de la Calidad.....	50
2.5.1.	Herramientas básicas de la Gestión de la Calidad.....	51
<b>2.5.1.1.</b>	Diagrama Causa y Efecto.....	51
<b>2.5.1.2.</b>	Diagrama de Flujo.....	51
<b>2.5.1.3.</b>	Métodos Gráficos.....	52
2.5.1.3.1.	Histogramas.....	52
2.5.1.3.2.	Gráfico de líneas, Gráficas de Control.....	53
2.5.1.3.3.	Gráfica de Radar.....	53
<b>2.5.1.4.</b>	Diagrama de Pareto.....	54
<b>2.5.1.5.</b>	Hoja de registros.....	55
<b>2.5.1.6.</b>	Reporte tres generaciones.....	55

### CAPITULO III DISEÑO DE LA RUTA DE CALIDAD EN EL PROCESO

	DE CALENTAMIENTO DE ACERO LÍQUIDO.....	57
3.1	Definir el Proyecto.....	57
3.1.1.	Definir la meta.....	59
3.1.2.	Definir el plan para alcanzar la meta.....	60
3.2.	Describir la situación Inicial.....	62
3.2.1.	Características del problema.....	62
3.2.2.	Recolección de datos.....	62
3.2.3.	Representación y Análisis de datos.....	63
3.2.3.1.	Análisis de variables.....	75
3.3.	Analizar hechos y datos para aislar las causas raíz.....	82
3.3.1.	Determinar las causas probables.....	82
3.3.2.	Análisis del diagrama de flujo de procesos.....	82
3.3.3.	Determinar causas potenciales.....	86
3.3.4.	Aislar Causa-Raíz.....	89
3.3.5.	Acciones Remediales.....	91
3.4.	Establecer acciones para eliminar las causas raíz.....	91
3.4.1.	Propuesta de acción para cada causa raíz.....	92
3.4.2.	Plan de ejecución de acciones establecidas.....	93
3.4.3.	Plan de Recolección de datos.....	93
3.4.4.	Plan de Contingencia.....	96

CAPITULO IV IMPLEMENTACIÓN LA RUTA DE CALIDAD EN	
	PROCESO DE CALENTAMIENTO DE ACERO LÍQUIDO.....97
4.1.	Ejecutar las acciones establecidas.....97
4.1.1.	Comunicar las acciones establecidas.....97
4.1.2.	Proporcionar educación y entrenamiento.....98
4.1.3.	Ejecutar las acciones establecidas.....100
<b>4.1.3.1.</b>	<b>Garantizar calibración de equipos Toma Muestra</b> <b>de Temperatura.....100</b>
4.1.3.2.	Cálculo de temperatura líquidos de colada de Acero líquido.....106
4.1.3.3.	Operatividad de los calentadores de Cuchara y de <i>Tundish</i> .....117
4.1.3.3.1.	Calentadores de Cucharas.....117
4.1.3.3.2.	Calentadores de <i>Tundish</i> .....118
4.1.3.4.	Reafirmación de Obligaciones del personal de colada continua.....125
4.1.3.5.	Adquisición de un nuevo calentador de cuchara .....131
4.1.3.5.1.	Identificación de la necesidad.....131
4.1.3.5.2.	Responsabilidades.....131
4.1.3.5.3.	Requerimientos .....132
4.1.3.5.4.	Definición de Especificaciones Técnicas.....132
4.1.3.5.5.	Colocación de la Orden de Compra.....136
4.1.3.5.6.	Recepción del Equipo.....137
4.1.3.5.7.	Puesta en marcha del Equipo.....138
4.1.3.6.	Inhibidor de Turbulencia para homogenización Temperatura <i>Tundish</i> .....140
4.1.3.6.1.	Diseño de Inhibidor de Turbulencia.....140
4.1.3.6.1.1.	Criterios para dimensionar el Inhibidor de Turbulencia.....142
4.1.3.6.1.2.	Construcción del Inhibidor de Turbulencia.....143
4.1.3.6.1.3.	Resultados Obtenidos con el Inhibidor de turbulencia.....146
4.1.3.7.	Elaborar Plan mantenimiento preventivo de Equipos Calentamiento.....150
4.1.4.	Recolectar datos generados durante la ejecución.....154
4.2.	Verificar los resultados.....155
4.2.1.	Analizar los resultados parciales obtenidos.....158
4.2.2.	Comparar los resultados finales contra la meta planeada...162
4.2.3.	Comparar el antes contra el después.....164
4.3.	Estandarizar.....173
4.3.1.	Establecer los procedimientos estándares de operación ...173
4.3.2.	Comunicar los nuevos procedimientos.....174
4.3.3.	Educación y entrenamiento al personal involucrado.....175
4.3.4.	Establecer un sistema de aseguramiento.....178

CAPITULO V	DOCUMENTAR Y DEFINIR NUEVOS PROYECTOS.....	180
5.1	Definir problemas restantes.....	180
5.2	Reflexión sobre el proceso realizado.....	183
5.3	Informe sobre el proceso realizado y los resultados obtenidos.....	183
5.4	Evaluación de la Ruta de Calidad aplicada.....	186
5.4.1	Reporte tres generaciones.....	189
CAPITULO VI	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	191
6.1	Conclusiones.....	191
6.2	Recomendaciones.....	195
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	199
	GLOSARIO.....	202
	ANEXOS.....	207

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Pasos de la Ruta de la Calidad .....	35
Tabla 2	Plan de Trabajo Ruta de la Calidad .....	38
Tabla 3	Definición del Proyecto .....	57
Tabla 4	Miembros del Equipo del Trabajo .....	59
Tabla 5	Meta Establecida .....	59
Tabla 6	Temperatura Acero Líquido en <i>Tundish</i> .....	68
Tabla 7	Perforación de líneas por sobrecalentamiento .....	72
Tabla 8	°C Temperatura Acero solicitada por turnos .....	75
Tabla 9	°C Temperatura Acero en <i>Tundish</i> por turnos .....	75
Tabla 10	°C Minutos de espera en torreta por turnos .....	77
Tabla 11	°C Temperatura de Acero en <i>Tundish</i> por Cuchara .....	77
Tabla 12	°C Temperatura de Acero solicitada por Cucharas .....	78
Tabla 13	Minutos de Espera de Cucharas Analizado por Cuchara .....	78
Tabla 14	°C Temperatura perdida por cucharas .....	79
Tabla 15	Circuito de cucharas .....	79
Tabla 16	Tabla para Análisis de Pareto .....	88
Tabla 17	Análisis del Porqué de las Causas .....	89
Tabla 18	Acciones establecidas .....	92
Tabla 19	Plan de Contingencia .....	96
Tabla 20	Organización de Personal para capacitación .....	99
Tabla 21	Temperatura de Acero Líquido Enviada por Horno Cuchara .....	108
Tabla 22	Minutos que tarda en posicionarse la grúa sobre la cuchara .....	109
Tabla 23	Subida de la Colada de Horno Cuchara a Torreta (min) .....	109
Tabla 24	Giro de Torreta (min) .....	109
Tabla 25	Apertura de Cuchara (min) .....	110
Tabla 26	Toma de muestra de Temperatura en <i>Tundish</i> (min) .....	109
Tabla 27	Grados Centígrados perdidos en Proceso de HC-CC (min) .....	111
Tabla 28	Grados Centígrados Perdidos por minuto .....	112
Tabla 29	Grados Centígrados perdidos por minuto sin variación .....	112
Tabla 30	Actividades que intervienen entre traslado de HC a CC .....	113
Tabla 31	Variables que intervienen entre traslado de HC a CC .....	113
Tabla 32	Constantes para el cálculo de fórmula de Colada Continua .....	115
Tabla 33	Resumen de resultados de la Aplicación Fórmula de Colada Continua .....	116
Tabla 34	Diagnóstico de calentadores de Cuchara .....	118
Tabla 35	Diagnóstico de calentadores de <i>Tundish</i> .....	119
Tabla 36	Responsabilidades proceso de calentamiento de Acero	

	Líquido.....	129
Tabla 37	Características del Calentador a ser adquirido.....	133
Tabla 38	Especificaciones Técnicas de Calentador.....	135
Tabla 39	Especificaciones Comerciales de Calentador.....	136
Tabla 40	Materiales utilizados en armado de <i>Tundish</i> .....	145
Tabla 41	Materiales utilizados en el Inhibidor de Turbulencia (Cantidad).....	145
Tabla 42	Materiales utilizados en armado del Inhibidor de Turbulencia (Costo).....	146
Tabla 43	<i>Tundish</i> normal vs <i>Tundish</i> con Inhibidor de Turbulencia.....	146
Tabla 44	Comparación de incremento de costos Inhibidor de Turbulencia.....	150
Tabla 45	°C Temperatura Acero Solicitada por <i>Tundish</i> .....	160
Tabla 46	°C Temperatura Acero en <i>Tundish</i> por turnos.....	160
Tabla 47	Minutos de espera en Torreta por turno.....	161
Tabla 48	Temperatura Acero en <i>Tundish</i> por cucharas.....	161
Tabla 49	Temperatura Acero solicitada por cucharas.....	161
Tabla 50	Temperatura Acero perdida por cucharas.....	162
Tabla 51	Comparación de resultados Antes y Ahora.....	163
Tabla 52	Perforación líneas por sobrecalentamiento de acero Líquido Ahora.....	171
Tabla 53	Perforación líneas por sobrecalentamiento de acero Líquido Ahora.....	173
Tabla 54	Comunicar los nuevos procedimientos.....	174
Tabla 55	Oportunidades generadas en el Proyecto de Ruta de la Calidad.....	181
Tabla 56	Evaluación de la Ruta de la Ruta de la Calidad.....	188

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Producción Mundial de Acero en el año 2011 .....	3
Figura 2	El Ciclo del reciclaje .....	7
Figura 3	Proceso de Producción ACERIA .....	8
Figura 4	Tipos de chatarra .....	9
Figura 5	Configuración del Horno Eléctrico a Arco .....	10
Figura 6	Estructura del Horno Cuchara .....	11
Figura 7	Especificación SAE 1029 .....	13
Figura 8	Revestimiento Refractario de Cucharas .....	14
Figura 9	Configuración de las máquinas de Colada Continua .....	15
Figura 10	Diseño de Tundish en ADELCA .....	17
Figura 11	Fotos de Tundish en ADELCA .....	18
Figura 12	Interfaz Cuchara-Tundish .....	22
Figura 13	El Ciclo Deming .....	32
Figura 14	Criterios para evaluar los Pasos de la Ruta de Calidad .....	46
Figura 15	Modelo Gráficas de Radar .....	54
Figura 16	Modelo Reporte de Tres Generaciones .....	55
Figura 17	Reporte de tres generaciones vs PHVA .....	56
Figura 18	Plan de Trabajo de la Ruta de la Calidad .....	61
Figura 19	Histograma Tundish Marzo .....	64
Figura 20	Box Plot- Marzo –Abril .....	65
Figura 21	Análisis Capacidad proceso Tundish .....	67
Figura 22	Resumen Estadístico Temperatura Tundish .....	68
Figura 23	Blox Plot Temperatura de Acero Líquido por turno .....	69
Figura 24	Estadística básica comparada por turno .....	70
Figura 25	Comparación por Turnos-Temperatura solicitada por Colada Colada Continua .....	71
Figura 26	Consecuencias de Sobrecalentamiento de Acero Líquido .....	72
Figura 27	Perforación de líneas por sobrecalentamiento .....	72
Figura 28	Análisis Macrografías Palanquillas .....	74
Figura 29	Grados Perdidos en Temperatura Tundish por turnos .....	76
Figura 30	Gráfica Correlación Espera Vs °C Perdidos .....	80
Figura 31	Gráfica Correlación Espera Vs °C en Tundish .....	81
Figura 32	Gráfica temperatura perdida Vs Temperatura en Tundish .....	81
Figura 33	Causas y variabilidad Temperatura de Acero Líquido para Colada Continua .....	83
Figura 34	Diagrama Causa-Efecto Variabilidad Temperatura Acero líquido Tundish .....	84
Figura 35	Diagrama del flujo del proceso .....	85
Figura 36	Causas Potenciales .....	86
Figura 37	Priorización de Causas Potenciales .....	87

Figura 38	Diagrama de Pareto.....	88
Figura 39	Plan de Acción.....	94
Figura 40	Plan de Recolección de Datos.....	95
Figura 41	Capacitación personal Acería.....	99
Figura 42	Funcionamiento de Termocuplas.....	100
Figura 43	Partes de una termocupla.....	101
Figura 44	Condiciones de medición de Isoplot.....	103
Figura 45	ISOPLOT temperatura de acero líquido en Tundish.....	105
Figura 46	Actividades involucradas en el cálculo de temperatura de Acero Líquido.....	107
Figura 47	Temperatura de Acero Líquido enviada por HC.....	108
Figura 48	Posicionamiento de Grúa sobre Cuchara (min).....	109
Figura 49	Subida de la colada de Horno Cuchara a Torreta (min).....	109
Figura 50	Giro de Torreta (min).....	109
Figura 51	Apertura de Cuchara (min).....	110
Figura 52	Toma de Temperatura de Colada en Tundish.....	110
Figura 53	Temperatura de Acero líquido en Tundish (min).....	111
Figura 54	Grados Centígrados perdidos en el proceso de HC-CC.....	111
Figura 55	Grados Centígrados Perdidos por minuto.....	112
Figura 56	Datos necesarios para el cálculo de T°C en Horno Cuchara.....	114
Figura 57	Fórmula de Cálculo de Temperatura Acero Líquido.....	115
Figura 58	Resumen de resultados de la Aplicación Fórmula de Colada Continua.....	116
Figura 59	Distribución de Calentadores de Cuchara en ADELCA.....	118
Figura 60	Distribución de Calentadores de Tundish en ADELCA.....	120
Figura 61	Cronograma de actividades para revisión de calentadores.....	121
Figura 62	Evaluación Operatividad de calentadores de Cuchara y Tundish.....	122
Figura 63	Curva Calentamiento Cucharas.....	124
Figura 64	Curva Calentamiento Tundish.....	124
Figura 65	Reafirmación de Obligaciones del personal de Colada Continua.....	126
Figura 66	Flujograma del Proceso – Reafirmación obligaciones personal.....	128
Figura 67	Evaluación de cumplimiento de desempeño.....	130
Figura 68	Llegada del Calentador Nuevo.....	138
Figura 69	Calentador de Cuchara nuevo Instalado.....	139
Figura 70	Calentador Nuevo en proceso de prueba.....	139
Figura 71	Tundish Vista Superior, localizada zona de impacto.....	141
Figura 72	Tundish Vista lateral, localizada zona de impacto.....	141
Figura 73	Esquema de Fabricación con el Inhibidor de Turbulencia.....	143

Figura 74	Fabricación de Tundish con el Inhibidor de Turbulencia.....	144
Figura 75	Recolección de datos en prueba de inhibidor de Turbulencia.....	147
Figura 76	Temperatura zona de impacto Tundish prueba inhibidor turbulencia.....	148
Figura 77	Resultados obtenidos con el inhibidor de Turbulencia.....	149
Figura 78	Programa mantenimiento preventivo mensual Equipos Calentamiento.....	152
Figura 79	Guía Ejecución actividades Mantenimiento Preventivo.....	153
Figura 80	Histograma de Temperatura Tundish –Septiembre.....	155
Figura 81	Variación de la temperatura de acero líquido en Tundish.....	156
Figura 82	Análisis Capacidad Proceso Temperatura Acero Líquido en Tundish.....	157
Figura 83	Resumen Estadístico de Temperatura de Acero Líquido en Tundish.....	158
Figura 84	Resumen Estadístico de Temperatura de Acero Líquido en Tundish por turno.....	159
Figura 85	Objetivo comparado con los resultados obtenidos.....	164
Figura 86	Temperatura de Acero líquido en Tundish ANTES- AHORA.....	165
Figura 87	Comparación Indicadores proceso de mejora ANTES vs AHORA.....	170
Figura 88	Impacto aplicación de actividades de mejora.....	170
Figura 89	Perforación de líneas por sobrecalentamiento de Acero líquido.....	171
Figura 90	Comparación perforación líneas causadas por sobrecalentamiento acero líquido.....	171
Figura 91	Comparación de la calidad interna de la palanquilla.....	172
Figura 92	Horarios de capacitación.....	176
Figura 93	Listado del Personal para capacitación.....	177
Figura 94	Cronogramas para Auditoria de Aseguramiento.....	178
Figura 95	Evaluación de la Ruta de la Calidad.....	184
Figura 96	Informe de la Ruta de la Calidad.....	185
Figura 97	Criterios para la Evaluación de la Ruta de la calidad.....	187
Figura 98	Evaluación de los pasos de la ruta de calidad.....	188
Figura 99	Reporte 3 Generaciones.....	190

## RESUMEN

Las organizaciones eficientes reconocen que para ofrecer lo que sus clientes necesitan, deben enfocarse en mantener y mejorar los procesos; con este antecedente se buscará controlar el proceso de calentamiento de acero líquido para la colada continua mediante Ruta de la Calidad.

El presente trabajo se ha dividido en dos partes, en la primera fase se realiza una introducción de la Empresa Acería del Ecuador C.A. ADELCA y su área de fundición enfatizando el calentamiento de acero líquido para la colada continua. En el capítulo dos se explica el despliegue de las actividades de la Ruta de la Calidad basadas en el Ciclo Deming: Planear, Hacer, Verificar y Actuar. Basado en el diagnóstico de la situación inicial del proceso, se aplican algunas herramientas ajustadas a la realidad de esta empresa, tal como consta en el capítulo tres.

La segunda fase arranca con el capítulo cuatro, donde se detalla las condiciones y los resultados obtenidos con la implementación de las actividades propuestas para mejorar el proceso, en el capítulo cinco se documentan y definen posibles nuevos proyectos los cuales permitirán que la empresa continúe con el proceso de mejora continua. Se concluye en el capítulo seis, que mejorar el proceso de calentamiento de Acero líquido mediante la Ruta de la Calidad permite ajustar la variable temperatura dentro de los límites de control para garantizar que el sistema automatizado de enfriamiento extraiga el calor uniformemente.

**Palabras clave:** Mejora continua, Ruta Calidad, Calentamiento Acero Líquido, Colada Continua, Palanquilla.

## SUMMARY

Efficient organizations recognize that to deliver what your customers need, should focus on maintaining and improving processes, with this background will seek to control the heating process liquid steel for continuous casting by applying Quality Road.

This paper is divided into two parts; in the first phase will be an introduction of "ACERIA DEL ECUADOR C.A. ADELCA, emphasizing the warming liquid steel in the continuous casting. In Chapter two will explain step by step deployment activities based Quality Road in Deming Cycle: Plan, Do, Check and Act. Based on the diagnosis of the initial situation of the process, apply some tools tailored to the reality of this company, as stated in chapter three.

The second phase starts with chapter four, where detailing the conditions and the results obtained with the implementation of the proposed activities to improve the process, in chapter five will be documented and identified possible new projects which will allow the company to continue with the continuous improvement process. It will conclude in chapter six, which improve the heating of liquid steel by Quality Road to adjust the variable temperature inside the control limits to ensure that the automated primary and secondary cooling system of continuous casting

In addition to created a culture of stability in the company improving the performance of human resources.

**Key words:** Continuous improvement, Quality Road, liquid steel heating, Continuous Casting, Billet.

## DIAGNÓSTICO DEL PROCESO DE CALENTAMIENTO DE ACERO LÍQUIDO PARA LA COLADA CONTINUA EN LA EMPRESA ADELCA E IMPLEMENTACIÓN DE LA MEJORA MEDIANTE RUTA DE LA CALIDAD

La fabricación del acero juega un papel trascendental en el desarrollo histórico de la humanidad. La demanda mundial ha incrementado los precios especialmente de la materia prima como es el caso de la palanquilla, la base para la fabricación de varillas y perfiles utilizados en la construcción. ACERIA DEL ECUADOR C.A. ADELCA es una industria Siderúrgica fundada en 1963 por un grupo de empresarios ecuatorianos, está dedicada a la fabricación y comercialización de productos de acero.

La función principal de esta unidad de producción es fundir chatarra ferrosa reciclada, hasta convertirla en una colada de acero líquido para ajustarla a la composición química requerida por el cliente y luego someterla a un proceso para la obtención de barras o palanquillas de acero, este proceso de solidificación requiere de un control de variables especialmente la temperatura de la colada, para garantizar la calidad del producto final: la palanquilla.

El seguimiento de un proceso como el caso del de calentamiento de acero líquido para la colada continua, ayuda a identificar la causa que origina un resultado no esperado e inclusive identificar oportunidades de mejorarlo.

A lo largo del presente trabajo se observa la implementación en la empresa Acería del Ecuador de esta secuencia lógica de ocho actividades propuestas por la metodología de la Ruta de la Calidad, basada en el Ciclo

Deming: Planear, Hacer, Verificar y Actuar logrando la estabilización del proceso de la variable temperatura dentro de los rangos establecidos para alcanzar la meta propuesta, además de crear una sinergia interdepartamental, mostrándose la efectividad de esta herramienta de mejora continua.

# FASE 1

## CAPITULO I

### GENERALIDADES

La fabricación del acero juega un papel trascendental en el desarrollo histórico de la humanidad.

A lo largo de los años la demanda mundial del acero ha incrementado los precios especialmente de la materia prima o subproductos de como es el caso de la palanquilla, siendo esta la base para la fabricación de varillas y perfiles utilizados en la construcción.

#### Crude steel production 2011

The figures below are in thousand tonnes.

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
European Union (27)	14.744	14.627	16.301	15.705	16.199	15.605	14.964	12.730	14.666	15.193	14.193	12.541	177.431
Other Europe	3.040	2.745	3.055	3.038	3.164	3.060	3.070	3.037	3.214	3.325	3.084	3.345	37.181
North America	9.859	9.100	10.243	9.877	10.007	9.925	10.093	10.131	9.910	9.893	9.745	10.134	118.927
Africa	1.234	1.048	1.193	1.100	1.193	1.191	1.207	1.200	1.103	1.206	1.090	1.202	13.966
Middle East	1.802	1.730	1.723	1.726	1.711	1.665	1.587	1.677	1.661	1.681	1.641	1.718	20.325
Asia	83.361	75.830	82.494	80.916	83.040	82.246	82.177	81.251	78.780	78.308	72.223	74.581	954.190
Oceania	733	631	725	709	638	571	616	668	626	473	434	424	7.248
<b>Total 64 countries</b>	<b>128.059</b>	<b>118.372</b>	<b>129.858</b>	<b>126.694</b>	<b>129.971</b>	<b>127.674</b>	<b>127.259</b>	<b>124.301</b>	<b>122.939</b>	<b>123.533</b>	<b>115.368</b>	<b>117.058</b>	<b>1.490.060</b>
Argentina	362	440	471	474	496	470	491	489	473	506	484	500 e	5.655
Brazil	2.764	2.687	3.038	3.066	3.269	3.004	3.129	3.026	2.859	2.891	2.741	2.688	35.162
Chile	151	130	151	146	157	139	149	147	96	113	119	120 e	1.620
Colombia	100	101	119	111	115	113	95	112	107	100	105	110 e	1.290
<b>Ecuador</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>40</b>	<b>46</b>	<b>48</b>	<b>50</b>	<b>49</b>	<b>41</b>	<b>43</b>	<b>45</b>	<b>47</b>	<b>50 e</b>	<b>525</b>
Paraguay	1	1	2	2	3	3	2	2	4	4	3	4 e	30
Peru	72	67	67	64	74	81	77	77	80	84	89	90 e	925
Uruguay	0	4	8	6	7	8	8	8	8	8	8	8 e	80
Venezuela	264	298	327	261	266	261	269	241	230	208	218	225 e	3.070
<b>South America</b>	<b>3.746</b>	<b>3.760</b>	<b>4.223</b>	<b>4.176</b>	<b>4.435</b>	<b>4.129</b>	<b>4.269</b>	<b>4.143</b>	<b>3.900</b>	<b>3.959</b>	<b>3.814</b>	<b>3.795</b>	<b>48.357</b>

Figura 1. Producción Mundial de Acero en el año 2011

FUENTE: World Steel Group, (2011). *Crude Steel Production 2011*.

Recuperado en abril 25, 2012 Disponible en <http://www.worldsteel.org/zdms/internetDocumentList/steel-stats/2011>

Se observa que en el Ecuador el área siderúrgica está en proceso de desarrollo, este país es apenas productor de 525.000t de acero crudo; considerando que solo cuentan con 3 empresas dedicadas a este tipo de negocio. En contexto, nuestro país está rodeado de grandes productores de acero como el caso de Brasil, Argentina, Venezuela, Perú, Colombia y Chile.

### **1.1. La Empresa ACERIA DEL ECUADOR .C.A. ADELCA**

En el Ecuador ADELCA, ANDEC y NOVACERO son las únicas empresas que laminan productos a partir de la utilización de palanquilla.

A lo largo de los años, estas empresas han invertido en la adquisición de maquinaria y equipos para fabricar su propia materia prima y reducir paulatinamente su importación que hace tan solo 5 años atrás era en su totalidad.

#### **1.1.1. Antecedentes de ADELCA**

ACERIA DEL ECUADOR C.A. ADELCA es una industria Siderúrgica fundada en 1963 por un grupo de empresarios ecuatorianos, está dedicada a la fabricación y comercialización de productos de acero.

La misión de esta empresa es ser: “Líderes en el reciclaje para la producción de acero, con excelencia en el servicio, calidad, tecnología, sistemas de gestión, recursos humanos, seguridad industrial, protección ambiental y responsabilidad social”. La visión adoptada: “Siempre pensando

en el CLIENTE, con el mejor servicio y los mejores productos de acero; basándose en los siguientes valores corporativos:

- El cliente es lo primero
- Transparencia ética en todos nuestros actos.
- Compromiso con la calidad y la productividad
- Mejoramiento continuo
- Trabajo en equipo”.

*FUENTE:* Sitio Corporativo ADELCA,. (2012). *Quienes Somos*. Recuperado en abril 25, 2012 disponible en [www.adelca.com/sitio/esp/corporativo.php](http://www.adelca.com/sitio/esp/corporativo.php)

### **1.1.2. Unidades de Producción**

Acería del Ecuador C.A. tiene su planta de producción instalada en el km 1 ½ vía Aloag Santo Domingo, parroquia Aloag, cantón Mejía, provincia de Pichincha, su producción se derivan de tres unidades de negocio especializadas según los tipos de productos.

El área de comercialización está distribuida en sucursales a lo largo de todo el país: Portoviejo, Guayaquil, Machala, Ibarra, Quito Norte, Ambato, Cuenca y Loja.

La empresa cuenta con un Sistema de Gestión Integral, es decir la Certificación de la Normas ISO 9001, ISO 14001 y OHSAS 18001, además de los Sellos de Calidad INEN en los productos correspondientes.

En sus inicios, ADELCA arrancó con los trenes de Laminación de productos llamados largos como varilla sismo resistente de acero diámetro de 8 a 32 mm, perfiles: barras redondas, barras lisas, barras cuadradas, ángulos y pletinas.

Paulatinamente luego de 15 años incorporó el área de Trefilación, con productos como clavos, alambre de púas, malla de cerramiento, mallas electro soldadas, mallas para cerramiento, malla para tumbados, galvanizados y recocidos, varillas trefiladas y material figurado. En esta etapa de la empresa, todas las materias primas (Subproductos del Acero) eran importadas desde Brasil, Venezuela, Ucrania, Turquía etc.

Considerando la creciente demanda de productos de acero para la construcción y para sustituir la importación de palanquilla ADELCA, como parte de su proyecto de inversión, el 12 de junio de 2008 arrancó con la planta de reciclaje de chatarra ferrosa para obtener palanquillas, poniendo en operación la Fundidora.

En esta unidad de producción se fabrica la palanquilla, materia prima de los productos laminados, con dos características de acuerdo a la especificación del cliente: la composición química establecida, su configuración física (longitud, y sección). Se ha definido dos tipos de clientes, Interno (área de laminación) y el externo; especialmente las dos empresas Siderúrgicas Nacionales; no se descarta la iniciativa de exportar

este sub producto. El nivel de comercialización es diferente ya que la varilla y trefilados son entregados al detalle directamente al cliente por medio de distribuidores o las respectivas sucursales, en cambio la palanquilla por ser un subproducto, sólo podrá ser comercializada a empresas laminadoras.

El reciclaje de chatarra de acero, permite sacar del entorno residuos del ambiente facilitando la reutilización de recursos y visto desde la perspectiva económica implica la retención de divisas por eliminarse la importación de materia prima. Sin dejar de lado la red de personas vinculadas a la actividad de reciclaje abriendo fuentes de trabajo directo e indirecto en la recolección, acopio y transporte de chatarra.



Figura 2. El Ciclo del reciclaje

FUENTE: Sitio Corporativo ADELCA,. (2012). *El Ciclo de la chatarra*. Recuperado en abril 26, 2012. Disponible en <http://www.adelca.com/sitio/esp/corporativo.php>

### 1.1.3. Proceso de Producción ACERIA

La función principal de esta área es fundir chatarra ferrosa reciclada, hasta convertirla en una colada de acero líquido para ajustarla a la composición química requerida por el cliente y luego someterla a un proceso de solidificación para la obtención de barras o palanquillas de acero.

El proceso de producción Acería se ha descrito simplificada mente en el siguiente diagrama de Flujo:

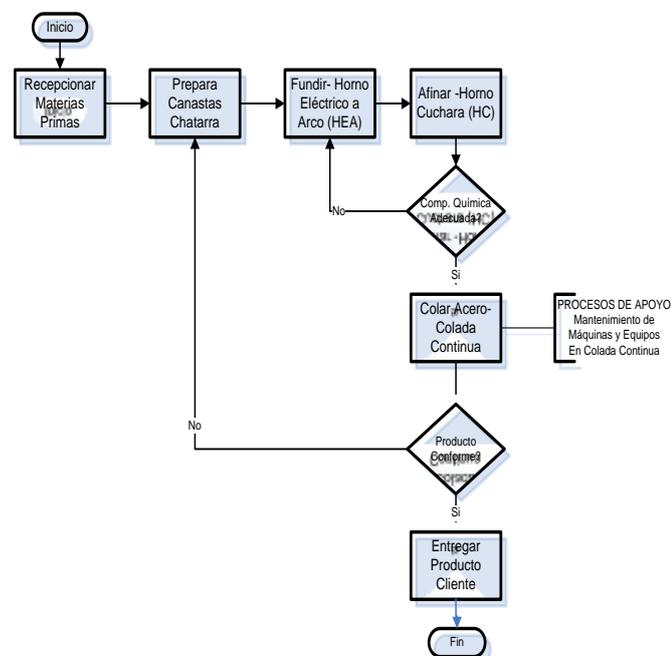


Figura 3. Proceso de Producción ACERIA

### 1.1.3.1. Preparación de Cargas de Cesta

Como parte del proceso de Preparación de carga, se considera la recepción de materia prima (chatarra) y colocación de Cal Cálctica y Dolomítica dentro de una cesta de 24 m<sup>3</sup>de capacidad; considerando un *mix* de 2 cargas. La chatarra se funde y se convierte en acero líquido a través de arcos eléctricos de alta potencia por 3 columnas de electrodos de grafito que descienden por la tapa del Horno. En ADELCA, la chatarra se ha clasificado de la siguiente manera:

TIPO	DENSIDAD t/m <sup>3</sup>	DESCRIPCION	FOTO
Copex	0,50-0,70	Chatarra compactada cizallada	
Pacas	0,40-0,60	Material compactado en forma de cuadrado o rectangular	
Fabrica	1,00-2,10	Chatarra que proviene de los procesos internos de ADELCA	
Shredder ADELCA	1,30	Chatarra triturada en la máquina Shredder	

Figura 4. Tipos de chatarra.

### 1.1.3.2. Fundición de Chatarra

El área de fundición está equipada con un Horno Eléctrico a Arco de una capacidad de producción de 300.000t de acero por año, tiene un diámetro aproximado de 5m, está conformado por una serie de paneles refrigerados, e internamente recubierto por material refractario diseñado para resistir altas temperaturas.

La principal función del Horno Eléctrico a Arco es convertir la materia prima sólida (Chatarra) en acero líquido, para luego afinarlas.

La configuración del Horno se muestra a continuación:

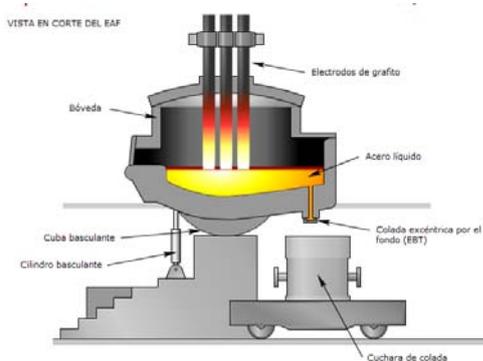


Figura 5. Configuración del Horno Eléctrico a Arco

FUENTE: Steel University,. (2012). *Configuración del Horno Eléctrico a Arco*.

Recuperado en mayo 1, 2012. Disponible en <http://www.steeluniversity.org>

Una vez introducida la chatarra y los escorificantes en el horno, se bajan los electrodos originando el arco hasta fundir completamente los materiales cargados dando lugar a la creación de una colada o acero líquido con

alrededor de 1650 °C, el tiempo de este proceso va de 35 a 40 minutos. El proceso de fundición a la vez de utilizar energía eléctrica también utiliza energía química por la reacción de combustión entre el Oxígeno y Carbón de Inyección, los cuales son inyectados automáticamente a lo largo del proceso.

### 1.1.3.3. Calentamiento y Homogenización de Acero líquido

Una vez que el acero es colado en un recipiente provisto de material refractario, es trasladada hacia el área de Horno Cuchara, de configuración muy similar a la del Horno eléctrico, con electrodos de menor tamaño. En el Horno Cuchara, se calienta el acero a través de energía eléctrica y se ajusta la composición química del acero según especificación solicitada, para ello homogeniza la mezcla mediante un burbujeo con gas Argón. Otro fin del Horno Cuchara es actuar como “regulador” entre los tiempos de colado de Horno Eléctrico a Arco y la máquina de Colada Continua.

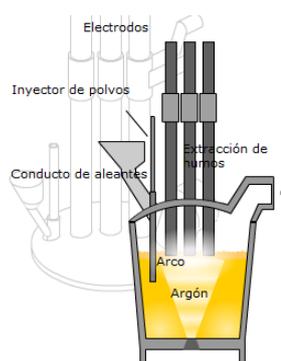


Figura 6. Estructura del Horno Cuchara

FUENTE: Steel University,. (2012). *Estructura del Horno Cuchara*.

Recuperado en mayo 1, 2012. Disponible en <http://www.steeluniversity.org>

El ajuste de la composición química del acero consiste en adicionar paulatinamente ferroaleaciones como Fe Si (Ferro Silicio), Fe Si Mn (Ferro Sílico Manganeso), y C (Carbón Coque) en el acero líquido. La composición del acero es verificada mediante la toma de muestras analizadas en el laboratorio de Acería utilizando un Espectrómetro este “es un instrumento óptico que se usa para medir las propiedades de la luz sobre una porción específica del espectro electromagnético. Su utilidad es realizar análisis espectroscópicos para identificar materiales. La variable medida es generalmente intensidad de la luz” Recuperado de <http://www.espectrometria.com/espectrometros>. Es decir el equipo codifica la intensidad de luz generada por un chispazo en la muestra y le asigna un determinado elemento del acero como C%, Mn%, Si%, P%, S%, etc. La química del producto depende del cliente, en ADELCA; se trabaja según clasificación de la Norma Internacional SAE que califica a la aleación con cuatro dígitos, los dos últimos dígitos especifica la cantidad de carbón presente.

“La norma AISI/SAE (también conocida por SAE-AISI) es una clasificación de aceros y aleaciones de materiales no ferrosos. SAE es el acrónimo en inglés de *Society of Automotive Engineers* (Sociedad Norteamericana de Ingenieros Automotores)” Wikipedia Enciclopedia Libre,. (2012). Norma AISI/SAE. Recuperado en mayo 1, 2012. *Disponible en* <http://es.wikipedia.org/wiki/AISI-SA>

El producto más fabricado en ADELCA según solicitud del cliente es el acero SAE 1029, según esta norma la composición química del acero debe tener:

SAE 1029										
	C%	Mn%	Si%	P%	S%	Cu%	Cr%	Ni%	Sn%	Mo%
Min	0,260	0,800	0,100							
Max	0,300	1,000	0,500	0,043	0,045	0,025	0,200	0,250	0,060	0,060

Figura 7. Especificación SAE 1029

FUENTE: Hoja de Especificación Técnica ADELCA-Composición Química SAE 1029

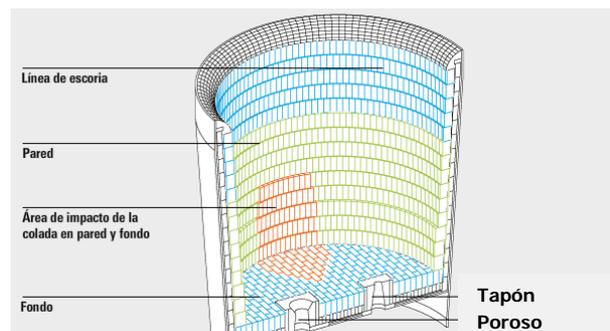
Una vez que la colada alcanza la composición química requerida, el Colador 1 solicita la temperatura a la que debe enviarse la colada. Para ello debe considerar el tipo y secuencia de cuchara, tiempo de espera en torreta y número de colada en *Tundish*. A continuación se hará una descripción de cada uno de estos equipamientos que forman parte central de esta mejora del proceso.

#### 1.1.3.3.1. La cuchara

La cuchara es un recipiente de almacenamiento temporal de acero líquido, por lo que exige la colocación de un revestimiento refractario capaz de soportar estas condiciones de trabajo. Las cucharas son protegidas en los puntos de impacto con ladrillos de magnesita fundida. En el fondo de la

cuchara se ubican dos compartimientos, el tapón poroso por el cual se conecta el nitrógeno para homogenizar la temperatura y el otro corresponde a la válvula gaveta que es un mecanismo que permite verter la colada en el *Tundish*.

En la empresa ADELCA se cuenta con un juego de 7 cucharas con capacidad de recepción de 35t de acero líquido, mientras una cuchara está en el proceso de Horno Cuchara, una está colocada en la torreta y la otra está siendo vaciada según la velocidad de las líneas en colada continua.



*Figura 8.* Revestimiento Refractario de Cucharas

*FUENTE: Refratechnick Steel, (2012). Concepciones para cuchara de colado de acero. Recuperado en mayo 1, 2012. Disponible en <http://www.refra.com/cms/es>*

Las cucharas pueden ser elaboradas con 2 tipos: Dolomíticas o Básicas, considerándose el tipo de material, previendo su uso: la cuchara Dolomítica en proceso continuo dura más coladas, a diferencia de la Básica que en

cambio tiene gran resistencia del material al momento de una parada brusca del proceso; según referencias dadas por el Jefe de Refractarios.

#### 1.1.3.4. Colado Continuo de Acero

El acero líquido que proviene de las operaciones de Horno Cuchara reside temporalmente en el *Tundish* o distribuidor para mediante el proceso de solidificación obtener el producto terminado: la palanquilla. En el proceso de colada continua se establece la longitud (4000, 8000 o 12000, 12100mm, etc.) y sección del producto (100x100 o 130x130 mm) que no implica más que un cambio en el molde o configurar el proceso automático de oxicorte.

##### 1.1.3.4.1. Configuración de las máquinas

En la plataforma se fijan los equipos principales que conducen el acero líquido hasta el molde.

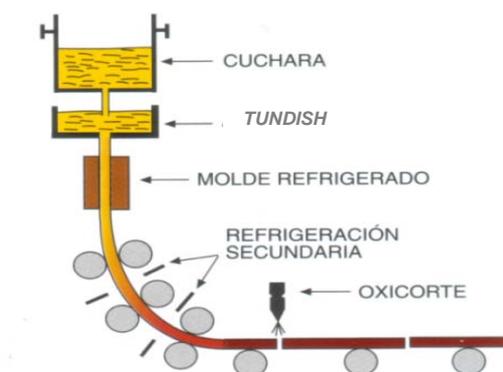


Figura 9. Configuración de las máquinas de Colada Continua

FUENTE: Chevrant L., (2010). *Curso de Colada Continua* (pp. 10). São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais ABM.

Con la ayuda del puente grúa de 80t, la cuchara con acero líquido es posicionada en la Torreta, esta gira, para abrir el mecanismo de válvula gaveta, el chorro de acero líquido cae en el *Tundish*, y luego pasa simultáneamente por tres líneas de colado. El proceso es en línea pues gracias a la torreta se puede realizar el cambio de las cucharas sin interrumpir la secuencia, basta que el *Tundish* mantenga su nivel de acero.

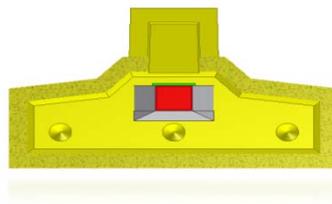
La primera vez de arranque se utiliza una falsa barra que sirve para guiar el acero del proceso en el momento inicial de la solidificación, pasa por el enfriamiento primario o lingotera y ya sólido en la superficie pero con centro de acero líquido, la palanquilla pasa por rociadores de agua que constituyen el circuito de enfriamiento secundario y una serie de rodillos que la van transportando hasta llegar al área de corte para luego depositarse en la mesa de enfriamiento para que alcance la temperatura de 700°C donde la palanquilla ya pueda imantarse por electroimanes y ser apiladas en rumas.

#### **1.1.3.4.2. El *Tundish* o Distribuidor**

“La función principal del *Tundish* es distribuir el acero líquido entre las múltiples líneas, promover la flotación de las inclusiones, homogenizar la temperatura del acero, abastecer al molde de un flujo constante de acero líquido y servir de depósito durante los cambios de cucharas.” Chevrant L., (2010). *Curso de Colada Continua (pp. 48)*. São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais ABM.

La vida útil de los distribuidores es crucial para la secuencialidad de las coladas, pues cuando este o las válvulas se desgastan debe ser cambiado, interrumpiendo el proceso continuo. Las válvulas son piezas fijas de zirconio instaladas en el piso del *Tundish*, tienen un juego de 2 orificios con aberturas de 12 a 15 mm, en el momento de la operación estas piezas son abiertas con lanzas de oxígeno.

El *Tundish* de ADELCA, está diseñado para colar simultáneamente con 3 líneas a buza abierta.



*Figura 10.* Diseño de *Tundish* en ADELCA

El refractario del Distribuidor está conformado por una capa aislante que se coloca entre la estructura metálica y el revestimiento permanente del repartidor sirven para minimizar la pérdida de temperatura al medio ambiente.

“El revestimiento permanente o de seguridad es una pared conformada por ladrillos de alta alúmina (óxido de aluminio al 70%) material resistente a altas temperaturas que protege la carcasa de acero. Este puede durar de 1 a 2 años pues esta siempre cubierto por el revestimiento de trabajo, el cual se desgasta por la erosión del acero líquido, este es una mezcla de masa

básica de sínter de magnesita (carbonato de magnesio) de alta refractariedad mezclada con un 20 al 30% de agua, esta masa es aplicada en frío” *Refratechnik Steel*,. (2012). *Concepciones para Tundish Colado de acero*. Recuperado en mayo 1, 2012. Disponible en [www.refra.com/cms/es](http://www.refra.com/cms/es)

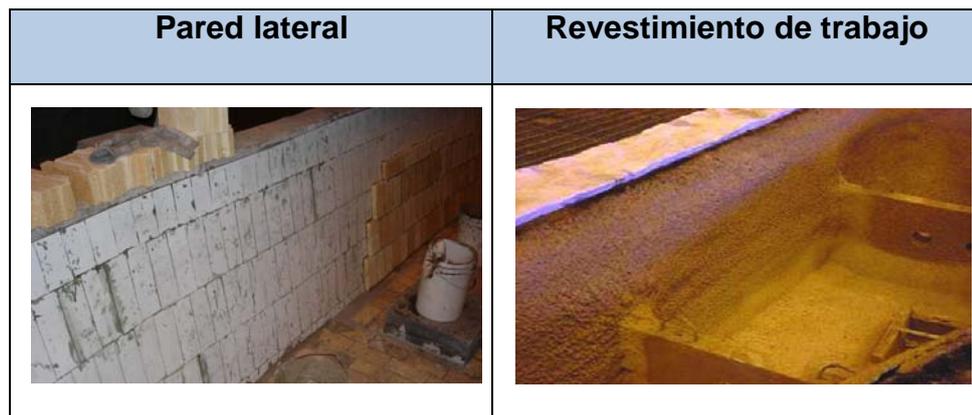


Figura 11. Fotos de Tundish en ADELCA

#### 1.1.3.4.3. Sistema de enfriamiento Primario y Secundario

“El proceso de solidificación consiste en transformar el acero líquido en sólido con el objetivo de darle una forma o geometría que permita realizar procesos de conformado posteriores (productos intermedios) o lograr una geometría definitiva para una pieza (producto final)” Martin A., (2011). *Curso de Colada Continua (pp.4)*. Buenos Aires: Instituto Argentino de Siderurgia.

El sistema de enfriamiento está conformado por el molde o lingotera (enfriamiento primario) por el cual circula 1800 litros de agua por minuto, la lingotera es un molde tubular de cobre con una aleación de Cromo Cr, Plata

Ag, con una longitud de 700mm, de forma cuadrada con la sección del producto (130x130mm o 100x100mm) para el caso de ADELCA.

“En el momento que cae el acero en el molde, inicia un movimiento oscilatorio que con la ayuda del lubricante permiten que empiece a descender gracias a la piel solidificada formada en primera instancia. Luego la palanquilla todavía con centro líquido empieza a recorrer la curvilínea, rodeada por una serie de rociadores de agua automatizados que implica el control de intensidad de agua por bloque considerando la velocidad de colado” Martin A., (2011). *Curso de Colada Continua (pp.5)*. Buenos Aires: Instituto Argentino de Siderurgia.

En este proceso de solidificación la palanquilla tienen a formar defectos sub-superficiales como grietas internas si no se controlan alguna de las variables como temperatura de colada y cantidad de agua, ya que en este punto el producto se transforma de líquido a sólido sometiéndose a un gran choque térmico, cuyo resultado final es la solidificación controlada del producto.

Si la temperatura del acero fuera muy elevada, el molde que también tiene un sistema automatizado de enfriamiento no alcanzaría a enfriar el acero y la piel que se formaría sería muy débil, la misma que por la presión ferrostática que ejerce el acero líquido no soportaría y se produciría una

perforación, trayendo como consecuencia grandes daños al sistema de enfriamiento secundario, pues todas las boquillas de los rociadores se taponarían con acero. De ahí la importancia de establecer un mejoramiento del proceso de calentamiento de acero líquido en *Tundish*.

#### **1.1.3.4.4. Equipos de calentamiento**

Al trabajar con recipientes que resisten altas temperaturas, estos deben estar sometidos a un proceso de precalentamiento, para ello el área cuenta con calentadores para Cuchara y para *Tundish*. Los calentadores de *Tundish* ayudan a reducir el choque térmico entre el refractario y el acero líquido, la llama de calentamiento está direccionada a las válvulas es decir hacia donde el acero va a fluir.

Este recipiente es colocado sobre el carro Porta *Tundish* para posicionarlo sobre los moldes y bajo la torreta; en caso de emergencia se puede retirar rápidamente el distribuidor del área de trabajo. En ADELCA, se cuenta con dos calentadores de *Tundish* operativos y uno de emergencia.

Los calentadores de Cuchara “tienen un doble objeto, secar el refractario cuando se arma una nueva cuchara y calentarlas cada vez que van a recibir la colada del horno. Se entiende por “secado” el hecho de eliminar toda la humedad, un correcto secado requiere cierta temperatura y tiempo que permita la penetración del calor hasta la parte posterior del refractario.

Cuanto más alta sea ésta, menor es la pérdida de temperatura del acero” Refratechnick Steel,. (2012). Calentamiento de Cucharas. Recuperado en mayo 3, 2012. Disponible en [http:// www.labea.com](http://www.labea.com)

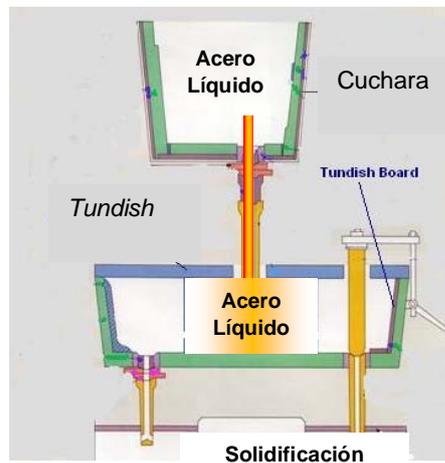
En ADELCA se tiene tres calentadores de cuchara, distribuidos a lo largo de la planta, para facilitar el traslado de las cucharas al momento del colado del Horno Eléctrico.

#### **1.1.3.4.5. Parámetros de Colada Continua (Variables del Proceso)**

“El vaciado de metales líquidos para la fabricación de productos perfilados es una tecnología utilizada desde la antigüedad por el pueblo chino, aproximadamente 1000 años A.C, para la producción de artefactos fundidos a partir de bronce y de hierro líquido, en el siglo XIX aparecen las primeras ideas del lingotamiento o colado continuo de metales, y especialmente con la revolución industrial el colado de aceros” Chevrant L., (2010). *Curso de Colada Continua* (pp. 7). São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais ABM.

El proceso de solidificación en la fabricación de acero requiere de un control de variables entre ellos la temperatura, la velocidad de colado, el enfriamiento primario y secundario, con esto se garantiza la productividad en Colada continua y la calidad del producto final: la palanquilla.

De ahí la importancia de centrar este proceso de mejoramiento en la interfaz Cuchara y Temperatura de acero líquido en *Tundish*, pues este es el repositorio temporal para pasar al proceso de solidificación.



*Figura 12. Interfaz Cuchara-Tundish*

*FUENTE* Madias J., (2011). *Curso de Colada Continua* (pp.45). Rosario: Metallon.

El cálculo de temperatura (líquidos) de acero al ser una operación manual depende de las consideraciones que tenga el operador de turno en cuanto a las variables del proceso. Cuando el proceso requiere de una temperatura precisa, el control del sobrecalentamiento debe referenciar el buen calentamiento de la cuchara y el *Tundish* como recipientes refractarios receptores de acero líquido.

## 1.2 Antecedentes

A nivel general, la palanquilla es un producto semielaborado, obtenido a través de la fundición por arco eléctrico de chatarra para transformarse en acero líquido, luego mediante un proceso de solidificación se obtiene lingotes (palanquillas) de sección 130x130mm con una longitud de 12m, este producto es la materia prima para elaborar varillas de construcción y perfiles laminados. Para esto, la palanquilla es calentada en un Horno a 1200°C aproximadamente, se desplaza por cajas de desbaste donde sufre una deformación brusca disminuyendo su sección y creciendo en longitud, el siguiente paso son las cajas acabadoras que dan los resaltes y demás; se requiere que ésta palanquilla no tenga defectos internos ni externos que puedan generar problemas por el paso de las cajas laminadoras.

El tema central está enfocado en la elaboración de palanquilla ya que la extracción térmica adecuada de acero en fase líquida a sólida es un punto crítico de control por lo que es importante garantizar que el acero líquido en el proceso de calentamiento tenga la temperatura establecida dentro de los rangos, porque el sistema de enfriamiento primario y secundario en la Colada Continua de Acería del Ecuador está automatizado a temperaturas de acero líquido estandarizadas y si es muy alta causa defectos (internos y externos) en la palanquilla como: grietas, además de daños en recipientes y equipos; riesgo de pérdidas de líneas de producción o perforaciones. Y a su

vez si la temperatura es muy baja ocasiona pérdidas de productividad por una solidificación prematura del acero.

Con este antecedente y considerando que la empresa Acería del Ecuador ADELCA está comprometida con el mejoramiento continuo de sus procesos reflejado en la calidad de sus productos e incremento de la productividad, ha optado por la aplicación del Ciclo de Deming: Ruta de Calidad en el proceso de Calentamiento de acero líquido en Horno Cuchara para el colado continuo del acero.

### **1.3 Justificación e Importancia**

La temperatura del acero líquido para el proceso de colada continua es un punto crítico para obtener una buena calidad (interna y externa) de la palanquilla y además evitar problemas operativos, inclusive se refleja en temas de seguridad del personal y equipos.

Al mejorar el proceso de calentamiento de Acero líquido mediante la Ruta de la Calidad se pretende que la variable temperatura esté dentro de los límites de control para que se garantice que el sistema automatizado de enfriamiento primario y secundario de colada continua que está configurado para estos parámetros, extraiga el calor uniformemente a lo largo del lingote y se eviten la formación de defectos internos en la palanquilla.

Por otro lado se busca tener una cultura de estabilidad en la empresa en cuanto a la temperatura de acero líquido con que arriban a la colada, además de tener control térmico en todos los recipientes de los procesos de Horno Cuchara y Colada Continua y conocer las pérdidas de calor ya sea por contacto (precaliente) o exposición a materiales o por tiempos de espera.

Un sobre calentamiento del acero genera deterioro en el material refractario del *Tundish* y si este exceso de temperatura es repetitivo, puede causar la perforación de líneas de producción o del recipiente siendo un grave riesgo al personal que trabaja en el área. Otro efecto negativo del sobrecalentamiento del acero es la aparición de grietas internas en la palanquilla, producidas por tensiones térmicas originadas por contracción y expansión ocasionado por el cambio brusco de temperatura y las condiciones de refrigeración.

Por otro lado una baja temperatura del acero, puede causar que el acero se solidifique antes de llegar al molde o lingotera y se deba parar violentamente el proceso de producción generando pérdidas a la organización; otro factor adicional, el acero líquido a temperaturas bajas impide la apertura libre de cucharas.

Según el objetivo establecido los resultados de la implementación de la Ruta de Calidad en el proceso de calentamiento del acero líquido para colada continua permitirá mejorar la situación inicial de la empresa ACERIA

DEL ECUADOR C.A. ADELCA al estabilizar dicho proceso con lo que se evitará pérdidas por solidificación prematura, pérdidas de equipos (Cuchara, *Tundish*), estandarización del proceso, mejorar el desempeño del recurso humano y sobre todo la calidad interna de la palanquilla.

Será también la oportunidad de poder aplicar las diferentes herramientas revisadas durante el transcurso de la maestría de una manera práctica, ajustada a la realidad de esta empresa con lo que se fortalecerá los conocimientos adquiridos y permitirá obtener experiencia en este tipo de implementaciones.

#### **1.4 Definición del Problema**

El acero líquido es obtenido a partir de la fundición por arco eléctrico de chatarra ferrosa, en el Horno Cuchara es homogenizado y se adiciona ferroaleaciones hasta obtener la composición química requerida por el cliente.

Hasta esta fase el acero está en estado líquido, para luego a condiciones controladas inicie su proceso de solidificación en colada continua mediante el sistema de enfriamiento primario y secundario automatizado. Este acero líquido debe llegar al *Tundish* o distribuidor a una temperatura de 1545°C a 1560°C, para que permanezca durante el proceso de colado por cualquiera de las tres líneas de producción, este distribuidor

sirve de amortiguador transitorio que previene el enfriamiento del acero líquido y homogeniza la temperatura.

El operador de Cabina de colada continua es quien solicita la temperatura a la que debe subir el Acero líquido contenido en la cuchara, para esto debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Tiempo de espera en la torreta (tonelaje de cuchara en proceso)
- Número de coladas con las que se encuentra la cuchara
- Temperatura de Colada en *Tundish*
- Número de Coladas en el *Tundish*

El pedido de temperatura para colada continua es realizado en base a la experiencia del personal más no basado en cálculos técnicos. Esta solicitud de temperatura es realizada rápidamente por el operador y al no tener todas estas variables disponibles los cálculos son erróneos, por lo que al medir la temperatura en *Tundish* estos en su gran mayoría están sobre o bajo la especificación.

El colador 1 de Colada Continua prefiere “para asegurar su trabajo” pedir una colada con sobrecalentamiento de acero líquido, pues según percepción aunque la temperatura llegue alta no se va a parar la producción por enfriamiento del acero líquido, lo que acarrea problemas de productividad. En contra parte el acero líquido, con temperaturas sobre la especificación genera defectos internos y externos en la palanquilla (grietas y Rombosidad)

Para complementar, los recipientes que reciben el acero líquido está cubiertos de refractarios, material que lo hace resistente a altas temperaturas. Las cucharas tienen diferentes recubrimientos refractarios dolomíticos o magnesianos y según este material la pérdida térmica por tiempo es diferente.

Actualmente estos equipos no tienen un control a través de una curva de calentamiento lo que dificulta al personal saber a qué temperatura pedir el acero líquido pues hay pérdida al contacto del acero líquido con el recipiente que lo alberga, considerando este caso los operadores piden temperaturas aún más altas pero no siempre el *Tundish* o la cuchara tienen los mismos grados centígrados al ingresar en el circuito de producción.

El personal carece de indicadores que le sirva para realizar el cálculo correcto de la temperatura del acero y por ende estas son pedidas a ciegas, viéndose reflejado en el descontrol en el calentamiento de acero líquido para el proceso de colada continua.

Entre los principales problemas que ocasiona una temperatura bajo lo especificada es el retorno de Acero líquido al proceso de inicio, con lo que se genera un retraso en el proceso productivo, y se puede causar daños a los equipos por el contacto del acero con los paneles que conforman el horno eléctrico.

Al solicitar temperaturas sobre la especificación se corre el riesgo de perforar líneas con lo que se genera desperdicios de producto por despuntes de material originados en el proceso de abertura de líneas.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo General**

Diagnosticar la situación actual del proceso de calentamiento de Acero líquido para la Colada Continua en la empresa ADELCA e Implementar la mejora mediante la Ruta de la Calidad.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

Los objetivos específicos a alcanzar en el presente trabajo son:

1. Realizar un diagnóstico de la situación inicial del proceso de Calentamiento de Acero líquido para Colada Continua.
2. Elaborar e implementar un plan de mejora del proceso, mediante la Ruta de la Calidad.
3. Verificar los resultados obtenidos luego de la implementación de la mejora.
4. Estandarizar las mejoras obtenidas en el proceso de calentamiento de Acero líquido para la Colada Continua.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Los procesos de mejora continua

El incremento de la competencia mundial en plantas industriales ha creado la necesidad de desarrollar capacidades de producción que permitan a las organizaciones una ventaja competitiva sostenible sobre sus adversarios como lo manifiestan Poler Raúl y Mula Josefa en su artículo Gestión de la calidad total y mantenimiento productivo total en la fabricación de alto rendimiento; y resaltan que para ello es indispensable Mejorar Continuamente.

Según Summers D., (2006). *Administración de la Calidad (pp.23)* México: Pearson Educación “La empresa cuenta con una diversidad de estrategias que pueden utilizar para mejorar: formación de equipos, aseguramiento de la calidad, justo a tiempo, administración de la calidad total, Seis Sigma, Manufactura Delgada, Ruta de la Calidad y varias más (D, 1997)”; la selección depende de cada empresa y como desea aplicar la estrategia.

#### 2.2. El control del proceso

Un “proceso es la acción de tomar entradas y transformarlas en salidas mediante la ejecución de actividades de valor agregado” como lo

referencia Summers D., (2006). *Administración de la Calidad* (pp.389). México: Pearson Educación.

El control del proceso implica establecer una gestión de los indicadores que miden los resultados de dichos procesos. El seguimiento de un proceso ayuda a identificar la causa que origina un resultado no esperado e inclusive identificar oportunidades de mejorarlo.

“Las organizaciones eficientes reconocen que para ofrecer lo que sus clientes necesitan, desean y esperan, deben enfocarse en mantener y mejorar los procesos que les permite cumplir estas necesidades, deseos y expectativas” Summers D., (2006). *Administración de la Calidad* (pp.209). México: Pearson Educación.

### **2.3. El ciclo de control**

La ciclo PHVA proporciona una metodología para la resolución de problemas o mejora de procesos, ya que se enfoca en atacar las causas raíz identificando el camino directo para alcanzar la meta establecida como se menciona en “Poler R, Mula J., (2011) *Gestión de la calidad total y mantenimiento productivo total en la fabricación de alto rendimiento* (pp.68). España: Repositorio ESPE”, además de crear una sinergia interdepartamental y concientizar el concepto de cliente-proveedor interno, dando como resultado la satisfacción del cliente externo.

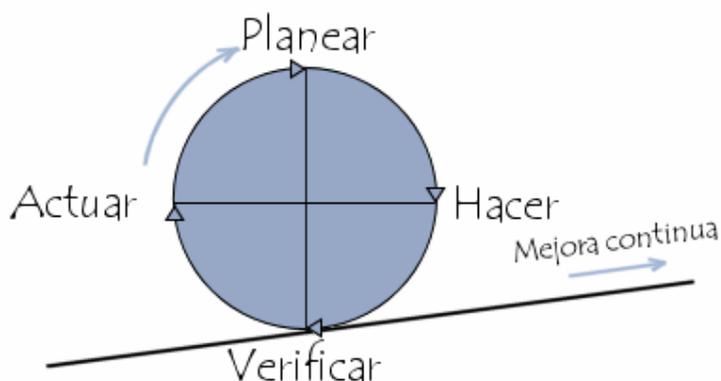


Figura 13. El Ciclo Deming

FUENTE: <http://es.kioskea.net/contents/qualite/qualite-introduction.php3>

Deming demostró que la alteración del proceso en realidad puede incrementar la variación y ocasionar un desempeño más pobre y una medida para evitar y eliminar las causas raíz de la variación de un proceso es la aplicación del ciclo para la resolución de problemas (Planear, Hacer, Verificar, Actuar).

El ciclo Deming refleja una metodología para la mejora continua, siendo un proceso reiterativo de cada ciclo. En el proceso de mejora continua se requiere de una metodología para “hacer girar” el Ciclo de Deming (PHVA). La ruta de la Calidad ha demostrado ser una buena opción.

Según “Poler R, Mula J., (2011) *Gestión de la calidad total y mantenimiento productivo total en la fabricación de alto rendimiento* (pp.59). España: Repositorio ESPE, para lograr una buena aplicación primero se planea el trabajo para lograr los resultados esperados (Planear), luego se

ejecuta el plan (Hacer), para luego analizar resultados (Verificar) y finalmente se procede según los resultados obtenidos siempre enfocados en el plan (Actuar) donde:

**“Planear (Plan):** desarrolla los objetivos y planes a implementar (requiere comprensión, análisis de causa y el establecimiento de acciones correctivas)

**Hacer (Do):** implica la ejecución de planes para lograr los objetivos planteados a la vez que se recolectan datos para evaluar los resultados parciales obtenidos

**Verificar (Check):** es la comparación de los resultados obtenidos contra los esperados, haciendo hincapié en las desviaciones existentes.

**Actuar (Act):** intervenir en el proceso para eliminar las causas de resultados no satisfactorios, con su respectiva re-planificación para el logro de los objetivos o si es el caso estandarizar rendimientos óptimos”.

Más adelante se explica como el Ciclo PHVA, se subdivide para enfatizar los pasos de la Ruta de la Calidad.

## **2.4. Metodología para lograr la mejora continua**

### **2.4.1. La importancia de la Ruta de la Calidad**

“La ruta de la calidad es una secuencia normalizada de actividades utilizadas para solucionar problemas o llevar a cabo cualquier proyecto de

mejora en cualquier área de trabajo” Pozo A., (1996). *La Ruta de la Calidad y las 7 Herramientas Básicas*. (pp.93) México: ITEMS Centro de Calidad.

La ruta de la calidad se centra en:

- La solución de problemas: al entrar en ciclo de mejora se enfatiza en resolver las causas que originan los problemas o solucionar un mal desempeño del proceso.
- Las oportunidades de mejora: aprovechar las posibilidades de mejorar el desempeño del proceso, encontrar opciones que están “escondidas”; aunque se hayan cumplido con las metas siempre existirá una mejor manera de hacer el trabajo.

La mejora continua o la rotación del ciclo PHVA facilitan la solución de problemas como la realización de mejoras, ayuda a optimizar el nivel de calidad de los procesos en forma sostenida, conduciendo así a lo que se conoce como la mejora continua.

La ruta de la calidad es una de las herramientas más importante que aportan información sobre el índice y el comportamiento de los procesos, a la vez presta gran ayuda para la identificación y resolución de uno o varios problemas presentes utilizada dentro de un entorno de trabajo de Gestión de la Calidad y de Gestión por procesos, para mantener los indicadores de control uniformemente dentro de unos límites aceptables de variación.

“La Ruta de la Calidad es una metodología basada en el círculo de Deming (Planear, Hacer, Verificar, Actuar) que permite solucionar problemas relacionados con el control de la calidad y que se caracteriza, además, por un uso intensivo de las herramientas básicas de control de la calidad”. Pozo A., (1996). *La Ruta de la Calidad y las 7 Herramientas Básicas* (pp.95). México: ITEMS Centro de Calidad.

#### 2.4.2. Pasos de la Ruta de Calidad

A efectos de la Ruta de la Calidad, las actividades de mejora comienzan realmente en las etapas de Verificar y Actuar del círculo de Deming o Ciclo de Control, para posteriormente entrar en la etapa de Planear y Realizar.

La secuencia lógica de actividades a aplicar está basada en:

Tabla 1. Pasos de la Ruta de la Calidad

¿Qué Hacer?	Paso de la Ruta
<b>PLANEAR</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definir el Proyecto</li> <li>• Describir la Situación Actual</li> <li>• Analizar Hechos y Datos</li> <li>• Establecer Acciones</li> </ul>
<b>HACER</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ejecutar Acciones Establecidas</li> </ul>
<b>VERIFICAR</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar los resultados</li> </ul>
<b>ACTUAR</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estandarizar</li> <li>• Documentar y definir nuevos proyectos</li> </ul>

FUENTE: Pozo A., (1996). *La Ruta de la Calidad y las 7 Herramientas Básicas* (pp. 99). México: ITEMS Centro de Calidad.

#### 2.4.2.1. Definir el Proyecto

“Para saber que se quiere alcanzar es indispensable definir claramente el proyecto con las razones que justifiquen la realización del mismo, la meta que se quiere alcanzar sustentado en un indicador, estableciendo el problema con un enunciado claro y concreto de los hechos y datos. El objetivo debe ser definido con claridad, determinar las razones por las cuales se va a trabajar en esta mejora, definir la meta e identificar la mejora que se persigue considerando el impacto tanto del cliente interno y externo. En este paso es importante realizar una selección de miembros para la conformación del equipo de trabajo con sus responsabilidades, el número participantes dependerá del grado de complejidad del proceso a mejorar”. Roure J., MOÑINO M., Rodríguez M. (1997). *La Gestión Estratégica de los Procesos*. (pp.61) Barcelona: Ediciones IESE., como se detalla a continuación las responsabilidades de cada una de las funciones:

Periódicamente en las fases que se requieran, se tiene la asistencia de miembros no permanentes que asesoran al grupo de trabajo.

“Líder o responsable del proyecto:

- Promover un clima de creatividad y participación
- Focalizar el proyecto en un objetivo específico, medible, alcanzable y realizable

- Convocar al grupo a reuniones de trabajo y liderar las mismas.
- Facilitar los contactos con los responsables de otras áreas.
- Coordinar la asistencia de asesores o consejeros del proceso
- Consolidar toda la información recolectada
- Comunicar los resultados obtenidos según planes establecidos

Auditor del proceso:

- Verificar resultados obtenidos
- Comunicar al equipo de trabajo los resultados de procesos de revisión

Participantes:

- Ser creativos y copartícipes en las reuniones establecidas
- Cumplir responsablemente las tareas asignadas
- Colaborar en las tareas que así lo requieran”.

FUENTE: Roure J., MOÑINO M., Rodríguez M. (1997). *La Gestión Estratégica de los Procesos*. (pp.65) Barcelona: Ediciones IESE

Para la determinación concreta del proyecto se debe elaborar el plan de acción considerando el cumplimiento de cada uno de los pasos:

- **Qué:** definir claramente las acciones que se ejecutaran.
- **Quién:** determinar el responsable de llevar a cabo cada una de las etapas del proyecto.

- **Dónde:** determinar la extensión y ubicación del proyecto.
- **Cuándo:** definir la fecha límite de solución del problema considerando todos los criterios involucrados.
- **Cómo:** reuniendo toda la información disponible cualitativa y cuantitativa.

Tabla 2. Plan de Trabajo Ruta de la Calidad

¿Qué Hacer?	Paso de la Ruta	Qué	Quién	Dónde	Cuándo	Cómo
PLANEAR	1					
	2					
	3					
	4					
HACER VERIFICAR	5					
	6					
ACTUAR	7					
	8					

#### 2.4.2.2. Describir la situación actual

“Para lograr una descripción correcta de la situación actual, se debe demostrar el comportamiento del problema siempre apoyado en hechos y datos, representados en una forma que sea fácil de visualizar y entender con la finalidad de evidenciar tendencias, comportamientos anormales, variaciones significativas, etc.” Pozo A., (1996). *La Ruta de la Calidad y las 7 Herramientas Básicas* (pp.77). México: ITEMS Centro de Calidad. Para este paso se puede apoyar en cualquiera de las herramientas de Gestión de la Calidad, descritas más adelante.

#### **2.4.2.3. Analizar hechos y datos para aislar las causas raíz**

“Para eliminar realmente el problema, se necesita realizar un análisis profundo del proceso y aislar las causas raíz que originan el mal resultado, el análisis se basa en las experiencias, hechos y datos que describen la situación actual. A partir de la lluvia de ideas se puede identificar las principales causas y validar las mismas a través de la recolección y representación de estos datos. Una vez que han sido identificadas las causas más probables, no es muy recomendable atacar a todas, es ahí cuando el grupo de mejora considerando su experiencia y conocimiento ataca las causas potenciales” Pozo A., (1996). *La Ruta de la Calidad y las 7 Herramientas Básicas* (pp.97). México: ITEMS Centro de Calidad.

#### **2.4.2.4. Establecer acciones para eliminar la causa raíz**

“Una vez detectada las causas de raíz se procede a establecer acciones encaminadas a *eliminar o bloquear* esas causas generadoras de problemas y así eliminar en forma permanente su efecto sobre el resultado o salida. El Plan de Acciones establecida debe ser un procedimiento rector para todo el equipo que está resolviendo el problema, por lo que debe ser entendido para ser cumplido. Con un buen análisis de causa raíz se puede establecer las acciones dirigidas a eliminar o reducir las causas que generan el problema, de ahí la importancia del paso anterior, Este plan de acciones es la directriz que guía al grupo de trabajo.” Pozo A., (1996). *La Ruta de la Calidad y las 7 Herramientas Básicas* (pp.143). México: ITEMS Centro de Calidad.

El conocimiento profundo del proceso será la base para la mejora del mismo, considerando que en algunos casos habrá dos o más formas de lograrlo, pero la selección de la opción debe ser basada en criterios claros como plazos, recursos, etc. Se determinan acciones particulares haciendo hincapié en eliminar o minimizar las causas principales (acciones correctivas) o acciones para eliminar factores causales (acciones preventivas).

“Durante la ejecución de las medidas establecidas pueden ocurrir desviaciones o contingencias para lo cual es necesario considerar un plan para estos casos, y evitar que se perturbe el proceso de mejora”, Pozo A., (1996). *La Ruta de la Calidad y las 7 Herramientas Básicas* (pp.144). México: ITEMS Centro de Calidad.

#### **2.4.2.5. Ejecutar las acciones establecidas**

“Una vez que el plan de acción se ha conformado, se procede a poner en práctica el período de tiempo que se haya acordado, este paso es de suma importancia porque representa la comprobación y eficiencia de la solución tomada y por supuesto la solución de problemas que se han estado estudiando, si se cometen errores en la ejecución del plan, es decir si las cosas no se hacen como fueron planeadas se llegará a conclusiones erróneas sobre las causas que provocan el problema. Para poner en marcha el plan de acción según el período de tiempo planificado. Se debe en

primera instancia comunicar las acciones establecidas, para que todas las personas involucradas sepan como participar en el proceso de mejora conozcan que hacer y porqué lo hacen. Mientras el personal esté más involucrado habrá mayor participación de ellas. Otro punto trascendental es proporcionar capacitación al personal, para que puedan contribuir a la obtención del objetivo". Pozo A., (1996). *La Ruta de la Calidad y las 7 Herramientas Básicas* (pp.149). México: ITEMS Centro de Calidad.

En resumen lograr que las acciones se ejecuten tal y como se planificaron, obtener información para el respectivo seguimiento y vigilar su cumplimiento.

#### **2.4.2.6. Verificar resultados**

Para tener la seguridad de que las contramedidas funcionan correctamente, es necesario hacer un seguimiento permanente al desarrollo de las acciones, pues sus resultados irán diciendo si va por el camino indicado o si es necesaria alguna corrección. Para ellos es necesario analizar los resultados parciales obtenidos una vez que se hayan ejecutado las acciones, para determinar si se llegó a la meta o está encaminado el grado de mejoramiento propuesto. Se debe comparar los resultados finales contra la meta planteada, de acuerdo al indicador empleado con esto se puede llegar a dos conclusiones:

- a) Si según el resultado se observa una mejora significativa, aunque no se ha cumplido el objetivo, indicaría que se ha acertado con las acciones ejecutadas y las causas raíz han sido bloqueadas, por lo que es importante estandarizar las acciones para que todos actúen de la misma forma y no se repita el problema.
- b) Si los resultados obtenidos hasta ese momento no son satisfactorios como se esperaba, se debe garantizar que todas las acciones planificadas se hayan implementado, según el plan establecido, pues no se estaría bloqueando las causas que originan los problemas.

“Si las acciones se han hecho como se planearon y los resultados indeseables continúan apareciendo, se puede concluir que la solución al problema ha fallado y es necesario regresar al paso dos que implica describir la situación actual y considerar nuevas medidas aplicables. En algunos casos habrá otros efectos “inesperados” sean positivos o negativos, a raíz de las acciones implementadas, los malos pueden ser ideas de nuevas mejoras. Es muy beneficioso para la cultura de la empresa reflexionar sobre lo ocurrido” Pozo A., (1996). *La Ruta de la Calidad y las 7 Herramientas Básicas* (pp.153). México: ITEMS Centro de Calidad.

#### **2.4.2.7. Estandarizar**

“Las metas planteadas se han cumplido satisfactoriamente y se deben estandarizar las acciones ejecutadas para mantener los logros alcanzados: el interés fundamental es evitar que el proceso regrese a su estado anterior, para ir acumulando los logros dentro del proceso de mejora continua. Las estandarizaciones norman las actividades planeadas que han cumplido satisfactoriamente los objetivos planteados, para evitar que el proceso retroceda, se vayan fortaleciendo los logros dentro del ciclo de mejora. La estandarización facilita la ejecución del presente como el progreso del futuro, si se determina especificaciones técnicas significativas, estas deben ser cumplidas para satisfacer los requerimientos o necesidades de los clientes.”, Pozo A., (1996). *La Ruta de la Calidad y las 7 Herramientas Básicas* (pp.157). México: ITEMS Centro de Calidad.

La estandarización sólo es posible después de verificar el beneficio real de las acciones tomadas a través de la documentación del proceso modificado y la capacitación a las personas sobre el nuevo proceso. Esta debe estar orientada hacia el usuario o ejecutor del proceso basándose en sus necesidades y realidades, deben ser simples, concretos y fáciles de entender. Los procedimientos estandarizados y los formatos a aplicar varían de empresa a empresa, dependiendo su tamaño, tipo de industria, etc., el ideal común es minimizar la variabilidad del proceso.

#### **2.4.2.8. Documentar y definir nuevos proyectos”.**

Como lo menciona en Pozo A., (1996). *La Ruta de la Calidad y las 7 Herramientas Básicas* (pp.162). México: ITEMS Centro de Calidad. La ruta de la calidad no termina con el logro de la meta propuesta al inicio del proyecto. La mejora continua implica la identificación y materialización de soluciones a problemas y oportunidades de mejora, su extensión a todos los involucrados con entrenamiento y educación para lograr una estandarización y el planteamiento de proyectos futuros.

Este es el último punto de la Ruta de la Calidad e implica la revisión de todas las actividades realizadas, su análisis y resumen de todas las experiencias adquiridas que serán dadas a conocer a todos los miembros del equipo y a la empresa en general. Documentar y revisar lo ejecutado para después de analizarlos, recolectar experiencias de la ruta con la respectiva metodología que se utilizó y los frutos de su aplicación. La evaluación de la Ruta de la Calidad conlleva la realización de un reporte final, disponible para todos y que pueda ser extendido a otros problemas que se presentaren.

Definir los problemas restantes: pues un problema casi nunca se soluciona a la perfección ni las mejoras son ciento por ciento en su totalidad, por lo que la situación ideal no existe, no es bueno buscar la perfección o continuar en las mismas actividades en un proyecto de mejora por mucho

tiempo. Se debe delimitar las actividades aún si la meta no se ha alcanzado, se debe hacer un lista de progresos y de logros pendientes.

Con una manera de representar la efectividad del equipo se puede utilizar una gráfica de radar, también se puede recurrir al reporte de Tres Generaciones, los cuales serán explicados más adelante.

Esta etapa no aporta directamente al proceso de mejora más bien deja una constancia de los problemas pendientes o las nuevas oportunidades de mejora identificadas y una visión futura de cómo deberá funcionar el proceso a través del establecimiento de prioridades a corto, mediano o largo plazo dentro del ciclo de mejora de la organización.

La evaluación de los pasos de la Ruta de la Calidad, debe extraer experiencias sobre el trabajo realizado e ir midiendo el desempeño de los grupos de mejora en el tiempo, así mismo se requiere un estándar de evaluación que puede hacerse, según la tabla mostrada a continuación:

CRITERIOS PARA EVALUAR LOS CASOS DE RUTA CRITICA					
PASOS DE LA RUTA	CRITERIOS A EVALUAR				TOTAL
1.- Definir el proyecto	Se selecciono el tema del proyecto mediante priorización <input checked="" type="checkbox"/> 25 <input checked="" type="checkbox"/> 25 <input checked="" type="checkbox"/> 25 <input checked="" type="checkbox"/> 25	Se justifica el proyecto <input checked="" type="checkbox"/> 25 <input checked="" type="checkbox"/> 25	Se define la meta a lograr <input checked="" type="checkbox"/> 25 <input checked="" type="checkbox"/> 25	Se define un plan para alcanzar la meta <input checked="" type="checkbox"/> 25 <input checked="" type="checkbox"/> 25	100
2.- Describir la situación actual	Se Utiliza adecuadamente la estratificación <input checked="" type="checkbox"/> 25 <input checked="" type="checkbox"/> 25	Se define claramente un programa de recolección de datos <input checked="" type="checkbox"/> 25 <input checked="" type="checkbox"/> 25	Se cumplen graficas para representar los graficos <input checked="" type="checkbox"/> 25 <input checked="" type="checkbox"/> 25	Se utiliza información cuantificable y no cuantificable <input checked="" type="checkbox"/> 25 <input checked="" type="checkbox"/> 25	75
3.- Analizar hechos y datos para identificar causa raíz	Se aplica adecuadamente las herramientas para determinar causas probables (diagrama caufa - efecto, diagrama de flujo de procesos) <input checked="" type="checkbox"/> 25 <input checked="" type="checkbox"/> 25	Se utilizan hechos y datos para detectarlas causas potenciales se utiliza diagrama de pareto de dspersión de histogramas <input checked="" type="checkbox"/> 25 <input checked="" type="checkbox"/> 25	Se utiliza el diagrama causa y efecto de analisis de dispersión para analizar las causas raíz <input checked="" type="checkbox"/> 25 <input checked="" type="checkbox"/> 25	Se utiliza la experimentación para validar las causas raíz <input checked="" type="checkbox"/> 25 <input checked="" type="checkbox"/> 25	75
4.- Establecer acciones para eliminar las causas raíz	Se definen varias propuestas de acción parca cada causa raíz y se selecciona la mas variable <input checked="" type="checkbox"/> 25 <input checked="" type="checkbox"/> 25	Se diseña un plan de ejecución para las acciones <input checked="" type="checkbox"/> 25 <input checked="" type="checkbox"/> 25	Se diseña un plan de recolección de datos para el seguimeinto <input checked="" type="checkbox"/> 25 <input checked="" type="checkbox"/> 25	Se diseña un plan de contoingencia <input checked="" type="checkbox"/> 25 <input checked="" type="checkbox"/> 25	75
5.- Ejecutar las acciones establecidas	Se comunican las acciones establecidas a los involucrados <input checked="" type="checkbox"/> 25 <input checked="" type="checkbox"/> 25	Se educa y entrena a los involucrados <input checked="" type="checkbox"/> 25 <input checked="" type="checkbox"/> 25	las acciones establecidas se ejecutan de acuerdo al plan <input checked="" type="checkbox"/> 25 <input checked="" type="checkbox"/> 25	Se recolecta datos durante la ejeccuión y al final <input checked="" type="checkbox"/> 25 <input checked="" type="checkbox"/> 25	75
6.- Verificar los resultados	Se da seguimeinto al plan y se analiza los resultados parciales <input checked="" type="checkbox"/> 25 <input checked="" type="checkbox"/> 25	Se comparan los resultaltados finales contra la meta <input checked="" type="checkbox"/> 25 <input checked="" type="checkbox"/> 25	Se compara graficamente el antes con el después utilizando las mismas gáficas <input checked="" type="checkbox"/> 25 <input checked="" type="checkbox"/> 25	Se incluye resultados adicionales sobre el tabajo de grupo de mejora <input checked="" type="checkbox"/> 25 <input checked="" type="checkbox"/> 25	50
7.- estandarizar	Se establecen los procedimientos estandares de trabajo <input checked="" type="checkbox"/> 25 <input checked="" type="checkbox"/> 25	Se comunica a todos los involucrados todos los procedimientos <input checked="" type="checkbox"/> 25 <input checked="" type="checkbox"/> 25	Se educa y entrena a los involucrados <input checked="" type="checkbox"/> 25 <input checked="" type="checkbox"/> 25	Se establece un sistema de aseguramiento de calidad <input checked="" type="checkbox"/> 25 <input checked="" type="checkbox"/> 25	100
8.- Definir nuevos proyectos	Se identifica los problemas restantes y se decide que hacer con ellos <input type="checkbox"/> 25 <input checked="" type="checkbox"/> 25	Se presenta el informe del caso de acuerdo a los 8 pasos de la ruta de la calidad <input checked="" type="checkbox"/> 25 <input checked="" type="checkbox"/> 25	Se hace una reflexión sobre el proceso realizado <input checked="" type="checkbox"/> 25 <input checked="" type="checkbox"/> 25	Se define nuevos problemas para atacarlo con la metodología de la ruta de la calidad <input checked="" type="checkbox"/> 25 <input checked="" type="checkbox"/> 25	50
				GRAN TOTAL	600

Figura 14. Criterios para evaluar los Pasos de la Ruta de Calidad

FUENTE: Pozo A., (1996). *La Ruta de la Calidad y las 7 Herramientas Básicas* (pp.220). México: ITEMS Centro de Calidad.

### 2.4.3. Los grupos de mejora

“En ciclo PHVA se resalta como parte indispensable de la transformación de las organizaciones a la participación de los empleados con el desarrollo de sus actitudes y habilidades para la contribución del objetivo: la satisfacción del cliente externo. La supervivencia de las empresas está íntimamente relacionada con el grado de participación de las personas, por lo que es necesario que todos aporten en este gran proceso de mejoramiento continuo y más aún con los equipos de trabajo que afectan directamente a las variables a controlar dentro del proceso para garantizar así su estabilidad.

Una forma efectiva de participar es mediante el desarrollo de los casos de Ruta de la Calidad o proyectos de mejora, pues al aplicar esta metodología las personas se involucran activamente en el proceso de mejora continua y conforme van avanzando, se van percatando de su capacidad para mejorar su entorno. El principio que está detrás de la mejora continua es que la gente es buena por naturaleza, es decir que siempre busca la excelencia en todo lo que realiza y que sólo necesita estar motivada y tener los medios adecuados”. Pozo A., (1996). *La Ruta de la Calidad y las 7 Herramientas Básicas* (pp. 14). México: ITEMS Centro de Calidad.

Para una adecuada ejecución de la Ruta de la Calidad es necesario que se formen grupos de mejora en cada área de trabajo, estos grupos son naturales, lo que significa que los miembros pueden ser de la misma área.

El jefe del área forma un grupo junto con los subordinados, pero si el área es muy grande puede formarse varios grupos, para que todos participen activamente en el mejoramiento. El grupo de mejora se conforma de un líder o jefe quien dirige las juntas de trabajo, consigue el apoyo necesario.

Los miembros participan activamente en la aplicación de la Ruta de la Calidad y aportan ideas para mejorar sus procesos. Dichos grupos están conformados por el personal de las Gerencias medias y altas, es decir por las personas que tengan bajo su responsabilidad algún proceso; esta es tomada de la metodología del Centro de Calidad y manufactura del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.

#### **2.4.4. Clima Organizacional**

El doctor W. Edwards Deming (1900-1993) siempre consideró que los directivos deben ser los primeros en crear un ambiente de trabajo que propicie la mejora continua, haciendo hincapié en la participación de la administración, el análisis estadístico, la fijación de metas y la comunicación.

“La calidad se inicia en las personas, porque el trabajo o actividad que realiza en la organización a la que pertenece lo involucra con otras personas, el trabajo lleva inevitablemente un sello personal. El ser humano se involucra en lo que hace, se proyecta, coloca parte de sí mismo en su trabajo” Peralta G., (2004). *De la filosofía de la calidad al sistema de mejora continua (pp.27)*. México: Panorama.

La gente no va a su empleo para realizar mal sus labores: sus actividades se ven entorpecidas por una pobre comunicación interna, procesos defectuosos y falta de coordinación. Para combatir estos problemas las organizaciones deben adoptar nuevos métodos administrativos mediante la utilización de mediciones del desempeño y factores claves de éxito; a través del trabajo en equipo, educación, capacitación y la mejora continua mediante la prevención de defectos y la mejora de procesos, todo esto enfocado a crear un clima organizacional.

La mejora continua implica la adopción de una nueva cultura, filosofías y técnicas enfocadas principalmente a la gestión del recurso humano, su bienestar, participación y motivación en la ruta de la calidad.

Además de los aspectos técnicos propuestos por la Ruta de la calidad es imprescindible que las empresas desarrollen y mantengan un clima organizacional ideal, para que el personal colabore con los objetivos de calidad dentro de la organización.

## 2.5. Marco de referencia de las herramientas de Gestión de la Calidad

Según Summers D., (2006). *Administración de la Calidad*. México: Pearson Educación. “La resolución, el aislamiento, análisis de un problema y el desarrollo de una solución permanente, es una es un parte integral de la mejora de procesos en una organización eficiente, para lo cual es necesario apoyarse en herramientas básicas o métodos gráficos como diagrama causa y efecto, diagrama de flujos, métodos gráficos (Histograma de Barras, Gráfica de líneas, Gráficas de Pastel, Gráficas de Radas, etc.), Diagramas de Pareto, Gráficas de Control, siendo más fácil su comprensión pues representa visualmente la información e identifica tendencias; considerando la aplicación de esta metodología que estará apoyada en el uso de estas herramientas.

Como se mencionó en la introducción del marco teórico, el control de los procesos es un pilar fundamental para el mejoramiento continuo. Promueven el trabajo el equipo, proveen un ambiente que facilita la comunicación al hacer actividades visibles, recolectar, clasificar y analizar datos para dar interpretación de la información.

Existen varias herramientas de la Gestión de la Calidad para el análisis de datos y el establecimiento del plan de acción, a continuación se describe brevemente las más utilizadas en el proyecto de mejora continua:

## **2.5.1. Herramientas básicas de la Gestión de la Calidad**

### **2.5.1.1. Diagrama Causa y Efecto**

El objetivo de esta herramienta es dar soluciones permanentes a la raíz de un inconveniente encontrado. Este instrumento está estructurado en base a un grupo de ramas entre las que constan: máquinas y equipos, procesos, entorno, personas y métodos; lo que facilita obtener una visión general sobre las causas de los problemas analizados, por lo tanto se pueden definir como un conjunto de factores (o causas) que producen un resultado (o efecto).

Es una “herramienta para el análisis de la dispersión de procesos. El diagrama ilustra las principales causas y sub causas que producen un efecto (síntoma). El diagrama de causa y efecto es una de las siete herramientas de la calidad”. Summers D., (2006). *Administración de la Calidad* (pp.385). México: Pearson Educación.

### **2.5.1.2. Diagrama de Flujo**

Un viejo adagio dice que “*una imagen vale más que mil palabras*”, ya que un diagrama de flujo reemplaza la palabrería existente en muchos procedimientos muy bien escritos pero que no ilustran cómo es el flujo de un proceso. El diagrama de flujo es una técnica básica que permite describir gráficamente un proceso existente o uno nuevo propuesto, mediante símbolos, líneas y palabras simples, demostrando las actividades que se

realizan desde un punto de partida hasta un punto final, las relaciones entre los diferentes actores, indicando quién hace qué y en qué secuencia se desarrolla el proceso” Mariño H., (2001). *Gerencia de Procesos (pp.43)*. Bogotá: Alfaomega.

El diagrama de flujo es muy útil en las primeras etapas de resolución de problemas permite analizar el proceso y entenderlo rápidamente desde el inicio hasta el final, los miembros del equipo de resolución de problemas pueden conocer como fluye el proceso, pudiendo observarse las actividades que causan problemas o no agregan valor.

### **2.5.1.3. Métodos Gráficos**

Las gráficas representan ilustrativamente los datos que permiten ver un panorama general de la situación, según se grafiquen los datos, (Histograma de Barras, Gráfica de líneas, Gráficas de Pastel, Gráficas de Radar, etc.)

#### **2.5.1.3.1. Histogramas**

Esta herramienta permite conocer “la frecuencia de ocurrencia de los datos que haya tomado en sus procesos, al medir una variable, esto es un medidor o un indicador que puede asumir cualquier cifra en un rango definido. También permite visualizar la distribución seguida por el conjunto total de datos analizados, proveyendo información sobre la variación de su

proceso en relación con dicha variable”, Mariño H., (2001). *Gerencia de Procesos*. (pp.120) Bogotá: Alfaomega.

El objetivo de esta herramienta es cuantificar características relevantes de un proceso, para comprender de mejor manera la variabilidad propia de este y analizar su capacidad para generar resultados realistas.

#### **2.5.1.3.2. Gráfico de líneas, Gráficas de Control**

El control de procesos se lo puede realizar a través de los gráficos de control “la función de estos gráficos es proporcionar una señal (en este caso estadística) cada vez que se presenten causas especiales de variación, de tal forma que permita la adopción de medidas para poderlas eliminar y evitar su repetición, se utiliza con límites de control superiores o inferiores dentro de los cuales se trazan valores de alguna medición estadística para una serie de muestras o subgrupos. Las gráficas también contienen una línea central que sirve para detectar cualquier tendencia de los valores trazados hacia cualquier límite de control”. Vilar J., (1999). *Cómo mejorar los procesos en su empresa* (pp.43). Madrid: Editorial Confemetal.

#### **2.5.1.3.3. Gráfico de radar**

“Esta gráfica permite analizar un tema desde diferentes puntos de vista, para posteriormente examinar los resultados de una forma conjunta, por lo tanto si se tiene un conjunto de datos múltiples se pueden integrar en esta

gráfica para así visualizar los datos y obtener una mejor visión de la situación que se está evaluando” Pozo A., (1996). *La Ruta de la Calidad y las 7 Herramientas Básicas* (pp.36). México: ITEMS Centro de Calidad.

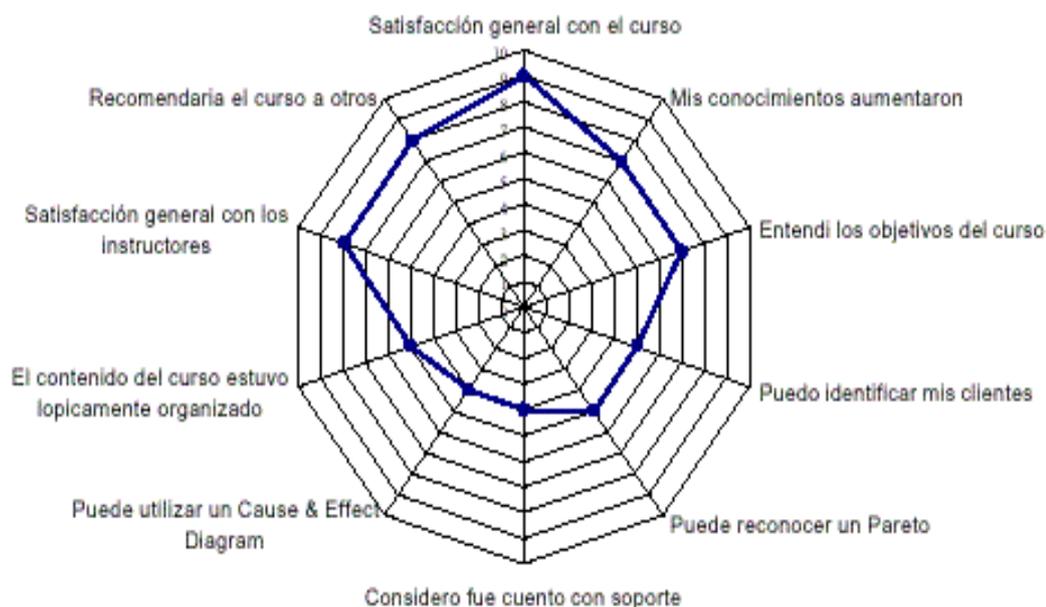


Figura 15. Modelo Gráficas de Radar

#### 2.5.1.4. Diagrama de Pareto

Mediante este diagrama se conoce el número pequeño de factores o causas que son responsables de un porcentaje desproporcionadamente alto de las ocurrencias de algunos eventos “un análisis de Pareto permite distinguir los pocos factores vitales de los muchos factores triviales, permitiendo asignar prioridades en la asignación de recursos para enfocar el mejoramiento de los pocos vitales” Mariño H., (2001). *Gerencia de Procesos* (pp.87). Bogotá: Alfaomega.

### 2.5.1.5. Hojas de registros

“En todas las empresas se requiere de información para definir las acciones que se realizarán, si los datos no son recogidos de manera rápida, simple y veraz, esto tardará en procesarse y las acciones no son efectivas.

Consisten en formularios diseñados para recolectar organizada información relacionada a un tema específico. La hoja puede ser elaborada de acuerdo a las necesidades de cada proceso dependiendo del propósito deseado”, Pozo A., (1996). *La Ruta de la Calidad y las 7 Herramientas Básicas* (pp.25). México: ITEMS Centro de Calidad.

### 2.5.1.6. Reporte Tres generaciones

“El reporte tres generaciones es una representación del control de procesos que ayuda a exponer a los niveles superiores (jerarquía Organizacional) la evolución en los problemas, mostrando tanto los buenos como malos resultados obtenidos, así como las nuevas propuestas”, Pozo A., (1996). *La Ruta de la Calidad y las 7 Herramientas Básicas*. (pp. 225). México: ITEMS Centro de Calidad.

Reporte tres generaciones			Sector: Colada Continua	
Item de control: Palanquilla Conforme No conforme			Responsable: jefe de producción	
Problema: Longitud palanquilla fuera de especificacion			Fecha: 13 de junio 2010	
Acciones planeadas	Acciones ejecutadas	Resultados	Puntos Problematicos	Propuestas de solución
1.- Verificación aleatoria del funcionamiento del oxicorte	1.- Cada 5 coladas se realiza una verificación del buen funcionamiento del oxicorte		No llegaron repuestos de oxicorte	Revisar maximos y minimos en stock de repuestos de oxicorte
2.- Verificar especificaciones de longitud	funcionamiento del oxicorte			
PASADO		PRESENTE		FUTURO

Figura 16. Modelo Reporte de Tres Generaciones

Existe una relación directa del Ciclo PHVA con el reporte de tres generaciones, como se muestra a continuación:

CICLO	GENERACION	
PLANEAR	PASADO	En esta generación se describe lo que se pretendía realizar (metas, rangos de variación) así como los medios para lograrlos
HACER	PRESENTE	Generación que describe los buenos y malos resultados mediante la comparación de los resultados obtenidos y las metas establecidas
VERIFICAR		
ACTUAR	FUTURO	En esta generación se muestran las propuestas de solución a los malos resultados

*Figura 17.* Reporte de tres generaciones vs PHVA

FUENTE: Pozo A., (1996). *La Ruta de la Calidad y las 7 Herramientas Básicas.* (pp.225). México: ITEMS Centro de Calidad.

Se aplicará una metodología científica que confronte el estudio teórico y tecnología de Colada Continua de grandes empresas Siderúrgicas para considerar la forma de mejorar procesos productivos aplicados a la realidad de esta Acería. También se recopilará información del Proceso de Calentamiento de Acero líquido, Ruta de la Calidad; se utilizará como otro tipo de herramienta el internet y se obtendrá opiniones y criterios del personal para diseñar adecuadamente las actividades para la Implementación.

## CAPÍTULO III

### DISEÑO DE LA RUTA DE CALIDAD EN EL PROCESO DE CALENTAMIENTO DE ACERO LÍQUIDO

#### 3.1. Definir el Proyecto

Los objetivos y justificación del proyecto se sintetizan en la siguiente tabla:

*Tabla 3.* Definición del Proyecto

<b>RUTA DE LA CALIDAD</b>	
<b>PROYECTO</b>	MEJORA DEL PROCESO DE CALENTAMIENTO DE ACERO LÍQUIDO PARA LA COLADA CONTINUA EN LA EMPRESA ADELCA
<b>OBJETIVO O META</b>	Reducir a 15°C la variabilidad de la temperatura de Acero líquido tomada en <i>Tundish</i> , para el proceso de Colada Continua.
<b>JUSTIFICACIÓN</b>	
<p>La calidad interna y externa de productos tratados a altas temperaturas como el caso de la palanquilla de acero, está relacionado con el proceso de solidificación. Un sistema de enfriamiento automatizado como el que posee ADELCA debe considerar la temperatura con la que se inicia el enfriamiento para que se extraiga uniformemente el calor a lo largo de la palanquilla y se eviten la aparición de grietas internas producidas por tensiones térmicas de contracción y expansión debido al cambio brusco de temperatura y las condiciones de refrigeración.</p> <p>Por otro lado se busca tener una cultura de procesos estables en la empresa, siendo la temperatura de acero líquido que llega al <i>Tundish</i> una variable crítica, además de tener control térmico en todos los recipientes de los procesos de Horno Cuchara y Colada Continua. El control de la temperatura de acero líquido para la colada continua permite reducir problemas operativos por la perforación de líneas (rotura de la piel que sostiene el acero líquido a la salida del molde o lingotera), causadas por un sobrecalentamiento del acero, además de cuidar la seguridad del personal y los equipos.</p> <p>Una baja temperatura del acero, puede causar que se solidifique antes de llegar al molde o lingotera y se deba parar violentamente el proceso de producción generando pérdidas a la organización, con un factor adicional, el acero líquido a temperaturas bajas impide la apertura libre de cucharas.</p> <p>Según el objetivo establecido los resultados de la implementación de la Ruta de Calidad en el proceso de calentamiento del acero líquido para colada continua permitirá mejorar la situación inicial de la empresa ACERIA DEL ECUADOR C.A. ADELCA al estabilizar dicho proceso con lo que se evitará pérdidas por solidificación prematura, pérdidas de equipos (cuchara, <i>Tundish</i>), estandarización del proceso, mejorar el desempeño del recurso humano y sobre todo la calidad interna de la palanquilla.</p>	

Para trabajar en este proyecto, se solicitó autorización al Director Técnico de Acería y a las jefaturas correspondientes, para organizar un grupo multidisciplinario de trabajo, que considere a las personas más representativas de cada área.

El líder es el responsable directo del presente Proyecto de Mejora mediante la aplicación de Ruta de la Calidad. En cuanto a los participantes, es importante considerar que los Coladores 1 de Colada Continua y Operadores de Cuchara tienen turnos rotativos, por lo que fueron seleccionados todos los miembros del grupo de trabajo, de esta manera se garantiza un responsable por turno para cumplir el compromiso de comunicar la información. Por parte del área de mantenimiento se cuenta con la participación de un Ing. Mecánico y un de Ing. Electrónico designados como responsables del mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos involucrados, así como apoyo en las ideas de mejora. El Jefe de Producción con el Jefe de Refractarios han sido considerados como asesores del proceso

Los supervisores de cada área deben estar enterados de las actividades del grupo de trabajo y se debe comunicar los avances relevantes a todos quienes tengan participación directa e indirecta en el tema o son beneficiarios del mismo.

En las reuniones periódicas en las que se trataron temas específicos, se invitó a miembros con conocimientos técnicos de estos temas, para que sean un apoyo en trabajos puntuales. Se estableció todos los días miércoles la reunión del grupo de Mejora para el Proceso de calentamiento de Acero líquido, el lugar designado es la sala de Reuniones de Dirección Técnica.

Tabla 4. Miembros del Equipo del Trabajo

EQUIPO DE TRABAJO	
FUNCION	NOMBRE
Líder del Proyecto	Andrea Paulina Gualotuña
Auditor del Proyecto	José Luis Almeida
Asesor de Procesos	Marco Cárdenas, Alicia Díaz, Ivo Damer
Participantes	Franklin Barros, Paúl Tipán, Javier Toaquiza, Darwin Uvillus, André Cabrera, Diego Alarcón
Responsable de Área (Eléctrico-Electrónico)	Jorge Chamorro
Responsable de Área (Mecánico)	Fabián Criollo

### 3.1.1. Definir la meta

La meta del proyecto es reducir a 15°C la variabilidad de la temperatura de Acero líquido tomado en *Tundish*, para el proceso de Colada Continua:

Tabla 5. Meta Establecida

TEMPERATURA DE ACERO LIQUIDO EN COLADA CONTINUA				
Salida	Cliente	Ítem de Control		
		Característica de Calidad	Índice	Meta
Colada Continua		Temperatura de Acero líquido en <i>Tundish</i>	°C (Grados Centígrado)	1545°C -1560°C

Se consideró este rango de temperatura pues según recomendación técnica siderúrgicas para un proceso de solidificación la "Temperatura

Líquido” del Acero en el *Tundish* o Distribuidor debe estar entre 1545°C y 1560°C, para evitar la formación de grietas internas, actualmente se está trabajando con rangos muy amplios desde 1530°C hasta 1580°C, tendiendo a sobrecalentar el acero. En el análisis de datos se puede observar de mejor la situación inicial del proceso.

### **3.1.2. Definir el plan para alcanzar la meta**

Se elaboró el plan básico para alcanzar la meta determinada, en base al Ciclo Deming: Planear, Hacer, Verificar, Actuar, resumido a continuación:

### PLAN DE TRABAJO DE LA RUTA DE LA CALIDAD

#### PROYECTO : MEJORA DEL PROCESO DE CALENTAMIENTO DE ACERO LIQUIDO PARA LA COLADA CONTINUA

Paso de la Ruta	Qué	Quién	Donde	Cuando	Cómo
<b>Planear</b>	1	Definir el Proyecto	Equipos Calentamiento - Colada Continua	10 días	Plan de Trabajo de la Ruta Crítica
	2	Describir la situación actual	Equipos Calentamiento - Colada Continua	18 días	Diagrama de Flujo, Hoja de Registros, Estadística Básica, Histogramas, Gráfico de Líneas
	3	Analizar Hechos y Datos	Dirección Técnica	10 días	Lluvia de Ideas, Diagrama Causa y Efecto, Diagrama de Pareto, Fotografías
<b>Hacer</b>	4	Establecer acciones	Dirección Técnica	15 días	Plan de Acciones, Sistema de Comunicación, Plan de contingencia, Seguimiento semanal de avances (Actas)
	5	Ejecutar las acciones establecidas	Equipos Calentamiento - Colada Continua	40 días	Capacitación, Seguimiento de Planificación, Lista de verificación, Revisión de procedimientos, Recolección información obtenida
<b>Verificar</b>	6	Verificar los resultados	Equipos Calentamiento - Colada Continua	30 días	Comparación de resultados obtenidos, Gráficas antes después, registro de efectos inesperados
<b>Actuar</b>	7	Estandarizar	Equipos Calentamiento - Colada Continua	17 días	Plan de Auditoria, Cuadro de indicadores, Gráficas de Control
	8	Documentar y definir nuevos proyectos	Dirección Técnica	10 días	Reporte final de Resultados, Gráfico de Radar, Cuadro criterios para evaluar la ruta, reporte 3 generaciones, planes a futuro, medir desempeño grupo de mejora

Figura 18. Plan de Trabajo de la Ruta de la Calidad

## **3.2 Describir la situación Inicial**

### **3.2.1 Características del Problema**

Durante la solidificación del acero es importante mantener un control de la temperatura del acero líquido, pues este proceso tiene un enorme impacto en las características de la calidad del producto final. Si las temperaturas son muy bajas, existe el riesgo de solidificación de acero en la cuchara o en el *Tundish*; y si son muy altas, los efectos del sobrecalentamiento pueden provocar grietas en las palanquillas. Actualmente se tiene una gran variación en las temperaturas de acero líquido en el *Tundish*, esta temperatura es solicitada por el Colador 1 de Cabina quien por las condiciones actuales de trabajo no posee la suficiente información sobre variables las que afectan a este proceso, motivo por el cual se produce el descontrol. El problema generalmente ocurre en inicios de secuencia de *Tundish* o cuchara, pues estos equipos ingresan de un proceso de precalentamiento.

### **3.2.2 Recolección de datos**

Para describir la situación inicial del proceso de Calentamiento de Acero líquido para la Colada Continua en la Empresa ADELCA, se diseñó la Hoja de Registros detallada en el ANEXO 1. Este registro tuvo la validación durante 7 días laborables para evaluar si recoge la información básica para el análisis, si es de fácil uso para los operadores, y dar los primeros pasos

para la creación de una cultura de recolección de datos en los procesos de la empresa, período luego del cual fue aprobado su uso.

Se recolectó la información referente a la fecha, turno de trabajo, el número de colada, la temperatura que solicitó el Colador 1 de colada continua, y la temperatura que se registra el acero líquido, considerando el número de *Tundish*, los grados centígrados perdidos y alguna otra observación adicional.

La recopilación de los datos de todas las coladas generadas se realizó en los meses de marzo y abril del año 2012, es decir 713 muestras (coladas) y 741 respectivamente, según consta en el ANEXO 2. El responsable del ingreso de la información es el Colador 1 de Colada Continua.

Los datos fueron tomados considerando el siguiente procedimiento: 10 minutos de espera por colada desde que el acero líquido toca el *Tundish*, para esto se utilizó los medidores de temperatura mediante termocuplas, con lecturas referenciales en el Equipo DIGITEM VII. Los datos fueron validados para identificar alguna inconsistencia existente.

### **3.2.3 Representación y Análisis de datos**

Toda los datos recopilados y presentados en el ANEXO 2, han sido graficados y analizados con el Programa MINITAB (Licencia de uso

Educativo), para fines del presente estudio, considerando las respectivas opciones que ofrece esta aplicación.

Representar gráficamente la información es un paso fundamental del análisis de datos permitiendo detectar anomalías, errores de medición o digitación.

El primer análisis implica la revisión de la distribución de Datos de la Temperatura de Acero líquido tomada en el *Tundish* por mes, a través de histogramas.

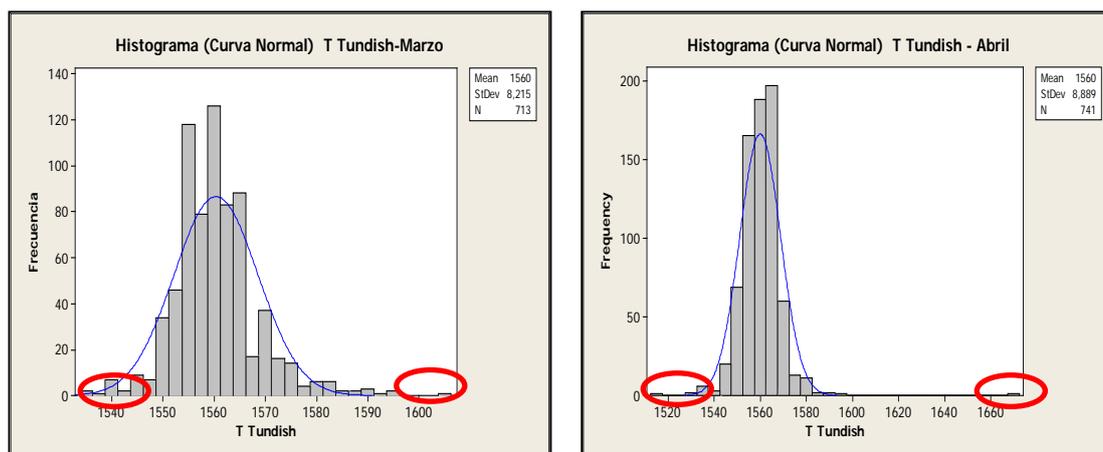


Figura 19. Histograma *Tundish* Marzo

En el mes de marzo, la media de temperatura de acero líquido en *Tundish* está en 1560°C al igual que en Abril, pero se puede observar valores atípicos tanto en el límite superior como en el límite inferior.

En el gráfico de puntos mostrado a continuación se identifica de menor manera la distribución de los datos, hallando que en marzo va desde 1535°C hasta algunas coladas esporádicas de 1606°C, en abril se tiene datos muy dispersos que van desde 1514°C hasta 1671°C, estos valores extremos han sido atribuidos por los operadores a la descalibración de las lanzas de toma de temperatura, pero estas fueron las temperaturas observadas.

Más adelante se compara el desempeño por turnos de esta misma variable, para considerar si se requiere atención enfocada

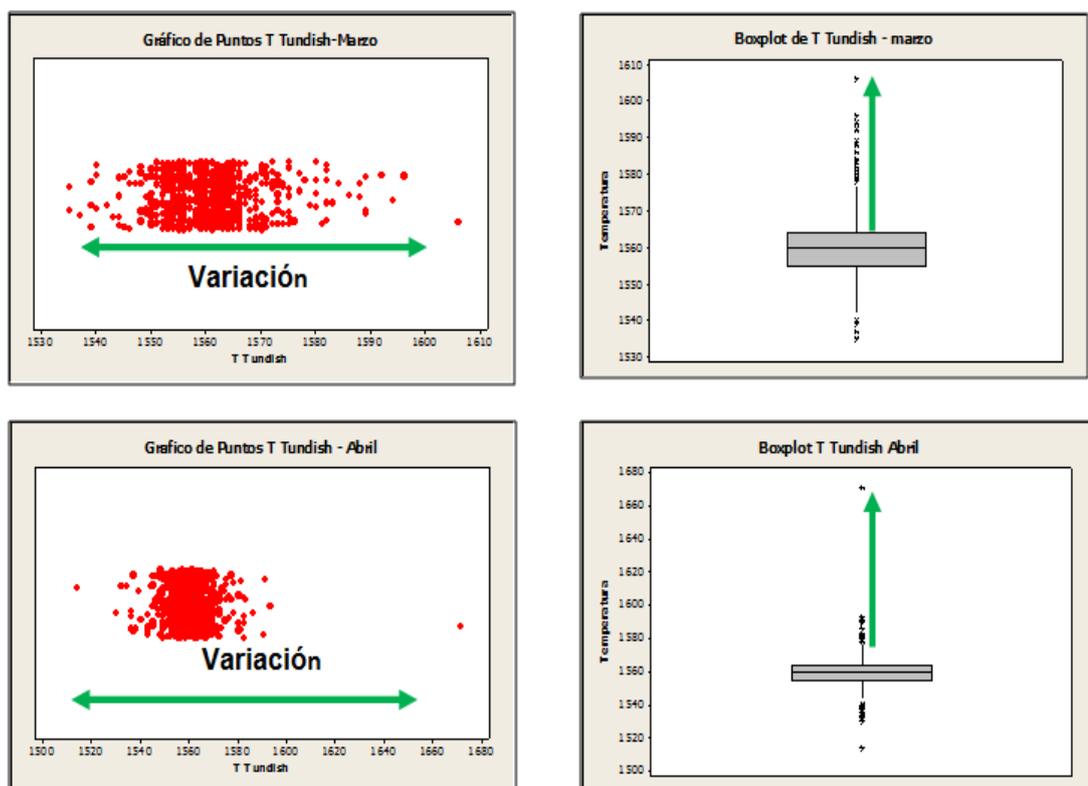


Figura 20. Box Plot- Marzo –Abril

Al revisar el "Box Plot" de la temperatura de acero líquido en el *Tundish*, se puede observar, que la distribución de datos es dispersa especialmente para el límite superior, incluso los valores atípicos están en mayor cantidad en este rango; los valores están centrados entre 1555°C a 1565°C.

Se ha analizado la capacidad de este proceso, es decir que la temperatura de acero líquido en *Tundish* esté entre 1545°C a 1560°C según especificación, y se determina que en el proceso no está en esta capacidad pues los indicadores Cp y Cpk tienen valores menores a uno.

Al comparar la tolerancia especificada y la variabilidad natural del proceso se puede observar que existen valores menores a la especificación y muchos más valores sobre la especificación. La distribución está descentrada en relación los límites, especialmente al superior. No existe una holgura entre la variación natural del proceso y las tolerancias establecidas.

Es importante identificar las causas especiales a más de las naturales, que originan variación sobre el proceso y saber si es capaz de cumplir la tolerancia especificada.

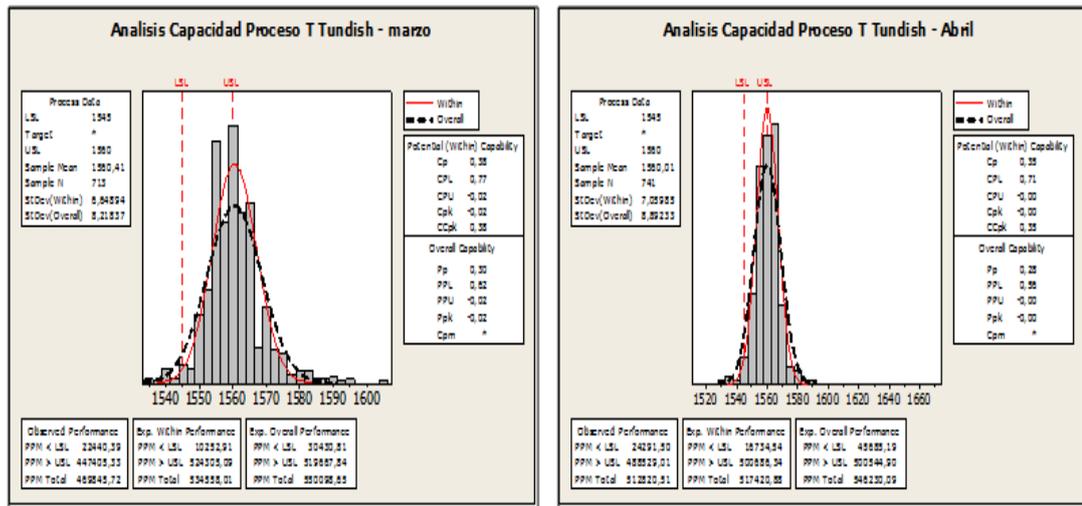


Figura 21. Análisis Capacidad proceso Tundish

### ÍNDICE Cp: CAPACIDAD POTENCIAL DEL PROCESO:

#### Capacidad Potencial (Marzo y Abril)

$Cp < 1$  = la variación natural es mayor a la tolerancia

En cuanto a variabilidad; es un proceso incapaz

### ÍNDICE Cpk: CAPACIDAD REAL DEL PROCESO:

#### Capacidad Real (Marzo y Abril)

$Cpk < 1$  = la variación natural es mayor a la tolerancia

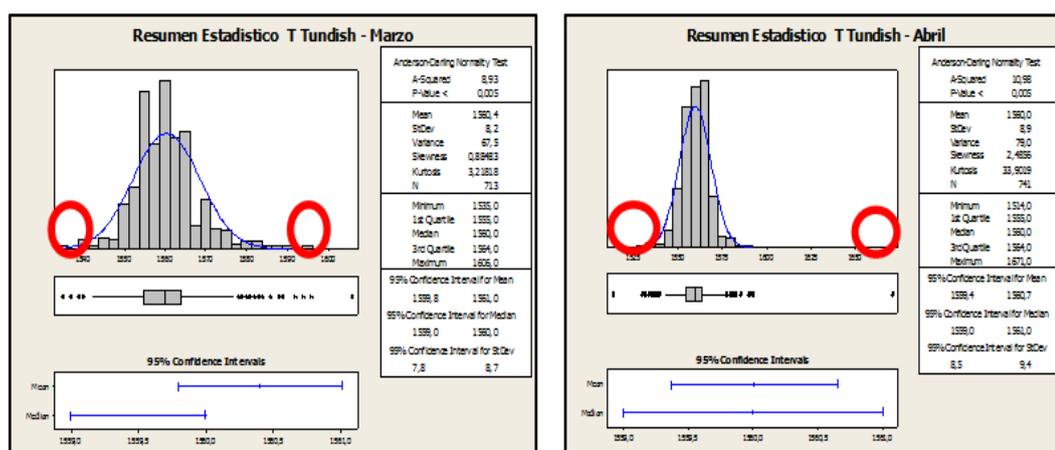
En cuanto a desplazamiento; es un proceso incapaz

El resumen estadístico de la Variable Temperatura de Acero Líquido en Tundish, se muestra a continuación:

Tabla 6. Temperatura Acero Líquido en *Tundish*

°C DE TEMPERATURA ACERO EN <i>TUNDISH</i>						
	Promedio	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar	Moda	Variación
Marzo	1560,4	1535	1606	8,22	1558	<b>71</b>
Abril	1560,0	1514	1671	8,89	1563	<b>157</b>

Como se puede observar en los meses de marzo y abril, se mantiene el mismo promedio de Temperatura de acero líquido en *Tundish* considerando una desviación estándar de los datos alrededor de 8,5°C, dando valores de temperatura de entre 1514°C y 1671°C, estos puntos son esporádicos pero presentes en la toma de datos.

Figura 22. Resumen Estadístico Temperatura *Tundish*

La moda o el dato que más se repite en el mes de marzo corresponden a 1558°C y en abril 1563 °C. Para realizar un análisis más profundo y considerado la forma de trabajo de grupos de personas, se realizó un análisis de comportamiento por turno; para lo cual se ha unificado la Hoja de Recolección de datos de marzo y abril en un solo grupo de datos. Estos análisis se resumen en los siguientes cuadros:

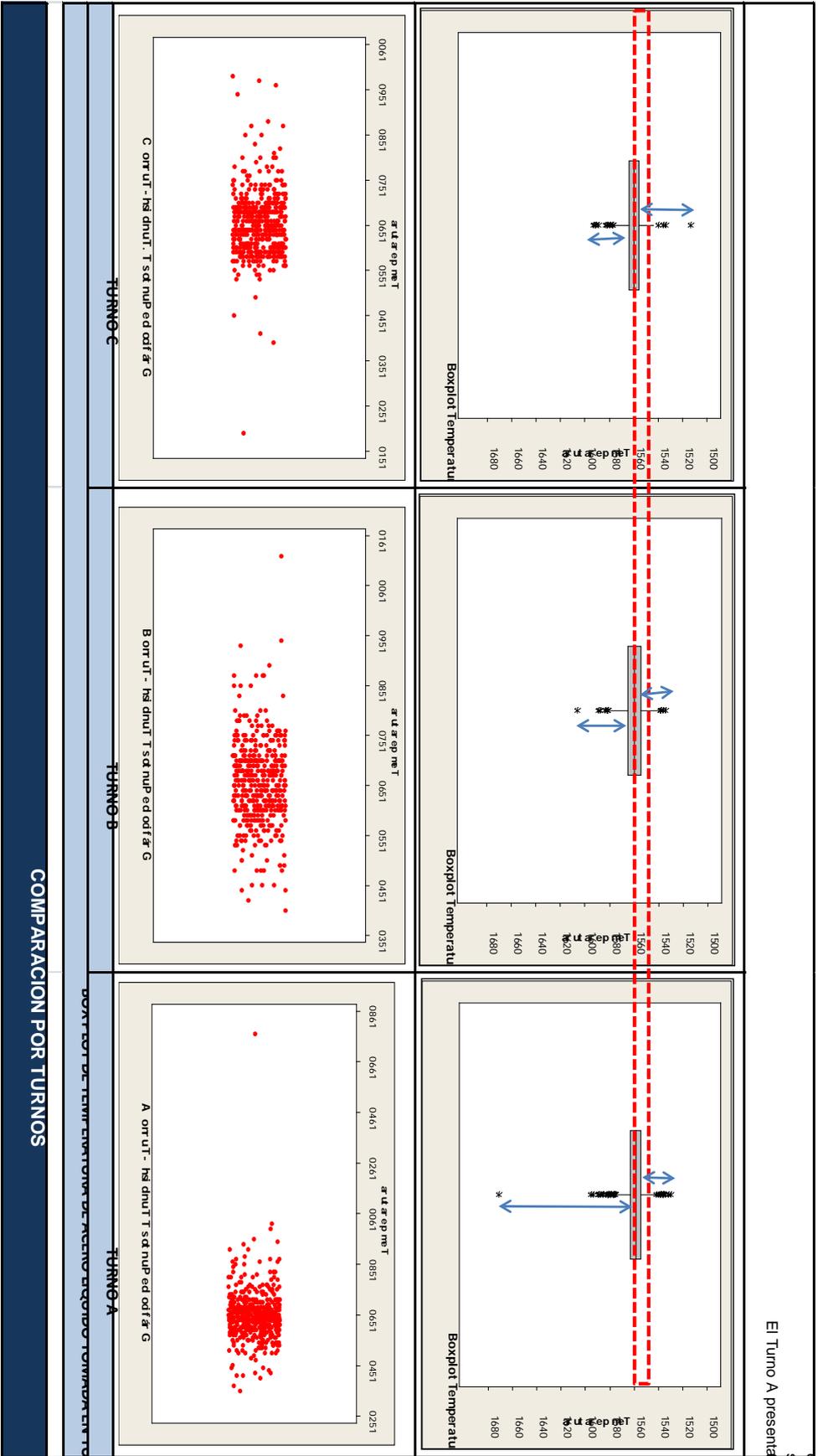
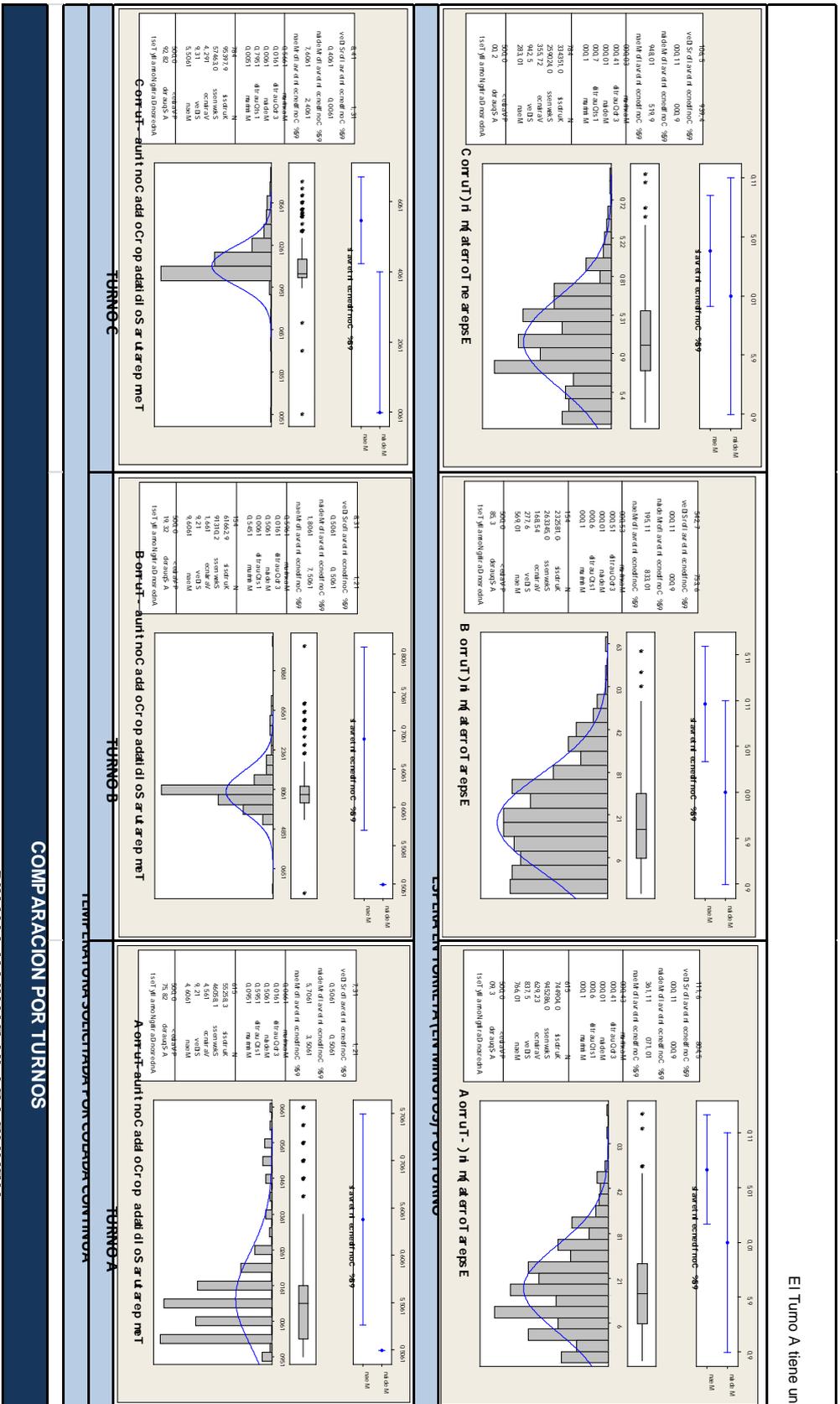


Figura 23. Blox Plot Temperatura de Acero líquido por turno



Figura 25. Comparación por Turnos-Temperatura solicitada



Como parte de la problemática de la variación del proceso de calentamiento de acero líquido se ve como efecto la perforación de líneas, es decir la salida brusca del acero líquido por rompimiento de la piel solidificada, afectando a la productividad por el cierre de líneas inesperados, adicionalmente el sobrecalentamiento del acero líquido también origina la formación de grietas en el producto final.

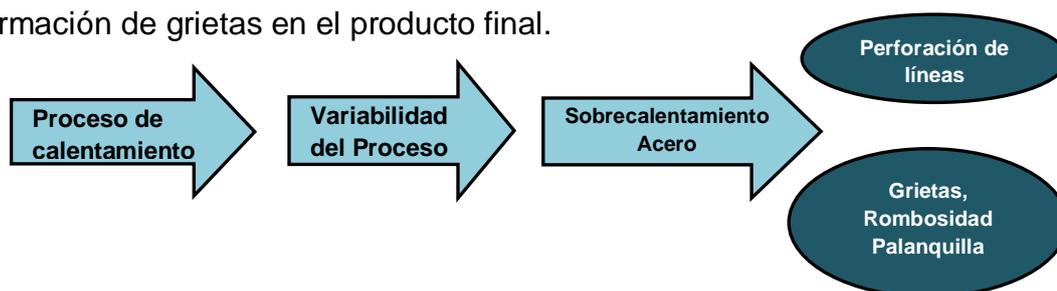


Figura 26. Consecuencias de Sobrecalentamiento de Acero Líquido

En cuanto a perforación de líneas causadas por sobrecalentamiento de acero, se tiene el siguiente resumen correspondiente:

Tabla 7. Perforación de líneas por sobrecalentamiento

PERFORACION DE LINEAS POR SOBRECALENTAMIENTO DE ACERO				
MES	VECES POR LINEA			TOTAL
	1	2	3	
Marzo	3	5	6	14
Abril	4	7	4	15
<b>TOTAL</b>	<b>7</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>29</b>

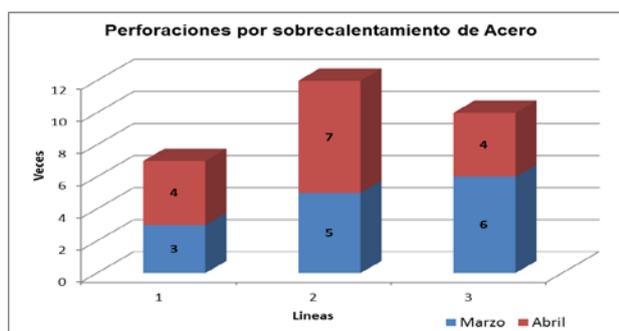


Figura 27. Perforación de líneas por sobrecalentamiento

La alta temperatura de colado ejerce un efecto grande en la tendencia a la formación de grietas intermedias por causa de su influencia en la estructura de solidificación.

“La Rombosidad es determinada por la diferencia entre las diagonales de la sección transversal de la palanquilla. Es considerada severa si sobrepasa los 6-8 mm. La Rombosidad se expresa en porcentaje. Un estudio de la British Steel indica que la influencia principal es un alto sobrecalentamiento del acero” CHEVRAND Lauro; “Curso de Colada Continua”; Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, ABM; Brasil; 2010. (p 603)

En cuanto a la situación inicial del producto, y para demostrar las consecuencias del sobrecalentamiento del acero en la palanquilla se ha analizado coladas por turno a manera de ejemplo, se toma una muestra de palanquilla para realizar una macrografía, es decir una pieza de acero solidificada para cepillarla y colocada en ácido clorhídrico a 200°C por 40 minutos, se observa en las fotografías el comportamiento general de la palanquilla organizada por turno. La muestra fue tomada en la colada en la que se solicita una temperatura mayor a lo especificado se ha podido observar lo siguiente:

ANÁLISIS DE MACROGRAFIA EN PALANQUILLA				
TURNO	COLADA	MUESTRA	°C EN TUNDISH	ROMBOSIDAD
A	122497		1572	6,2%
B	121695		1574	6,2%
C	121897		1583	6,8%

Figura 28. Análisis Macrografías Palanquillas

### 3.2.3.1 Análisis de variables

Confirmada la inestabilidad general en el proceso, se realizó un análisis detallado por turno para ver si alguno tiene un comportamiento atípico o requiere mayor atención en el proceso de mejora. Los tres turnos trabajan similarmente con temperaturas de acero en promedio, pero la desviación esta en 12,86 °C.

Tabla 8. °C Temperatura Acero solicitada por turnos

°C TEMPERATURA ACERO SOLICITADA POR TURNOS						
TURNO	PROMEDIO	MAX	MIN	DESVIACION ESTANDAR	MODA	Variación
A	1606,38	1660	1590	12,86	1595	70
B	1606,90	1695	1545	12,89	1605	150
C	1605,47	1665	1500	13,87	1600	165

Los tres tienen una Temperatura de Acero en *Tundish*, pero la desviación esta en 9,85°C, la variación es bastante amplia, más se evidencia en el turno A.

Tabla 9. °C Temperatura Acero en *Tundish* por turnos

°C TEMPERATURA ACERO EN <i>TUNDISH</i> POR TURNOS						
TURNO	PROMEDIO	MAX	MIN	DESVIACION ESTANDAR	MODA	Variación
A	1559,8	1671	1530	9,85	1558	141
B	1560,3	1606	1535	8,38	1565	71
C	1560,6	1593	1514	7,15	1563	79

La temperatura de acero líquido en *Tundish* llega en promedio 1560°C, la moda por turno si varía en el turno A 1558°C, B 1565°C, C 1563°C, el comportamiento es muy similar en los tres turnos.

Por parte de los operadores, se mencionó algunos factores que aportan a la variabilidad del proceso, como el caso de °C de Temperatura de acero líquido perdidos, minutos perdidos por posicionamiento de cuchara por *Tundish*; estos considerados desde el fin de arco eléctrico de Horno Cuchara hasta la apertura de cuchara.

Los grados centígrados perdidos en el proceso son los mismos, aunque a veces los tiempos perdidos no reflejan la realidad, y se los asoció con el desconocimiento de la temperatura con la que ingresan los recipientes luego del proceso de precalentamiento.

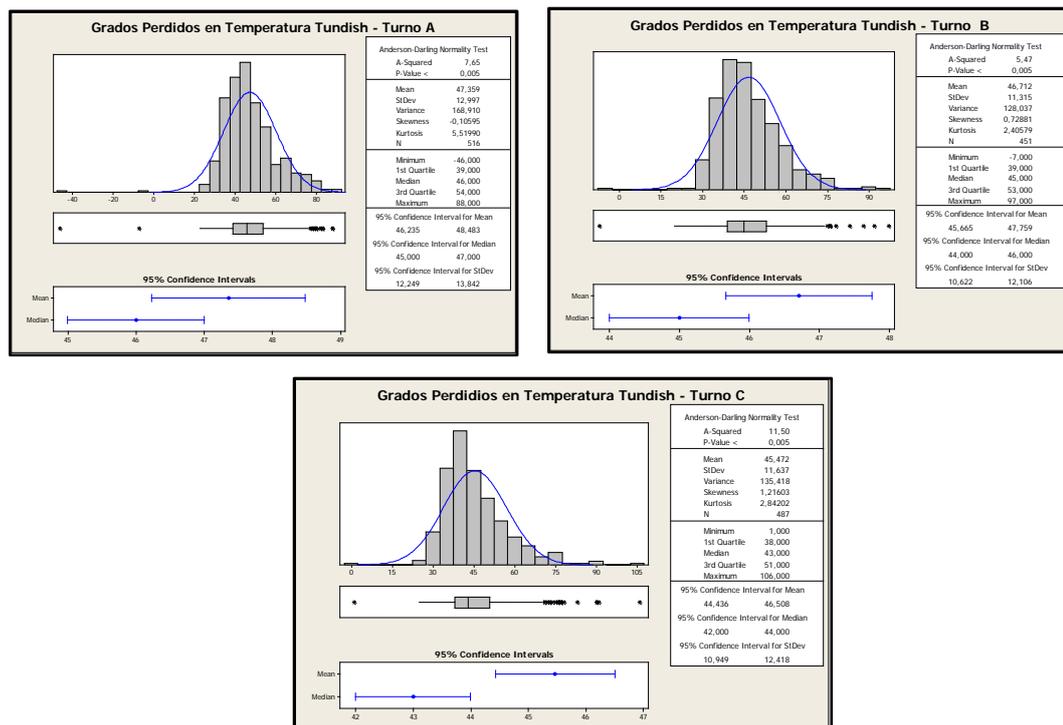


Figura 29. Grados Perdidos en Temperatura *Tundish* por turnos

Otro factor adicional mencionado y que se recopiló en la recolección de datos, es el tiempo de espera de posicionamiento de la cuchara en la torreta

desde la subida del proceso del horno cuchara. El Resumen Estadístico de minutos de espera en torreta por turnos es el siguiente:

Tabla 10 °C Minutos de espera en torreta por turnos

MINUTOS DE ESPERA EN TORRETA POR TURNOS					
TURNOS	PROMEDIO	MAX	MIN	DESVIACION ESTANDAR	MODA
A	10,67	34	1	5,74	12
B	10,96	35	1	6,77	12
C	10,38	30	1	5,25	9

El tiempo promedio fue similar en los 3 turnos, la desviación estándar fue entre los 5 minutos, con el valor más repetitivo en el turno A y B de 12 minutos. Según la experiencia del personal, también se mencionó que uno de los factores que también incide en la variación de la temperatura del personal es el tipo de material del que están armadas las cucharas. Se hace un análisis por cuchara de esta información recolectada:

Tabla 11. °C Temperatura de Acero en *Tundish* por Cuchara

°C TEMPERATURA ACERO EN <i>TUNDISH</i> POR CUCHARAS						
CUCHARA	PROMEDIO	MAX	MIN	DESVIACION ESTANDAR	MODA	Variación
1	1561,68	1671	1514	11,77	1564	157
2	1559,66	1594	1536	8,13	1557	58
3	1559,66	1586	1537	8,06	1563	49
4	1561,39	1589	1530	7,56	1558	59
5	1561,01	1606	1534	8,79	1563	72
6	1560,09	1582	1536	7,04	1563	46
7	1558,44	1590	1532	7,83	1559	58

El resumen estadístico de la temperatura de Acero en *Tundish* por cuchara muestra que la cuchara N° 1 fue la que tiene una mayor desviación en la pérdida de temperatura y en la que más se repite la temperatura más

alta. En la temperatura de acero solicitada por cuchara, se observó nuevamente que fue la cuchara 1 quien presenta la mayor desviación, a pesar que es muy similar la moda con las otras cucharas.

*Tabla 12.* °C Temperatura de Acero solicitada por Cucharas

° C TEMPERATURA ACERO SOLICITADA POR CUCHARAS					
CUCHARA	PROMEDIO	MAX	MIN	DESVIACION ESTANDAR	MODA
1	1561,68	1671	1514	11,77	1564
2	1559,66	1594	1536	8,13	1557
3	1559,66	1586	1537	8,06	1563
4	1561,39	1589	1530	7,56	1558
5	1561,01	1606	1534	8,79	1563
6	1560,09	1582	1536	7,04	1563
7	1558,44	1590	1532	7,83	1559

Se observó que todas las cucharas tienen en promedio el mismo tiempo de espera, lo cual no estuvo relacionada por el número de cuchara que ingresa al proceso.

*Tabla 13.* Minutos de Espera de Cucharas Analizado por Cuchara

MINUTOS DE ESPERA DE CUCHARAS ANALIZADO POR CUCHARAS					
CUCHARA	PROMEDIO	MAX	MIN	DESVIACION ESTANDAR	MODA
1	10,50	27	1	5,49	14
2	10,77	26	1	5,69	12
3	10,68	27	1	6,52	3
4	11,04	32	1	5,88	12
5	11,12	30	1	5,56	12
6	9,79	29	1	6,31	2
7	10,56	35	1	5,92	10

En el resumen estadístico de los datos analizados sobre grados centígrados de temperatura perdida en el acero analizado por cuchara, se observó que la cuchara 1, fue la que tiene mayor desviación adicionalmente que tiene una moda más alta.

Tabla 14. °C Temperatura perdida por cucharas

°C DE TEMPERATURA PERDIDA POR CUCHARAS					
CUCHAR A	PROMEDIO	MAX	MIN	DESVIACION ESTANDAR	MODA
1	45,75	92	-46	14,29	49
2	45,87	83	25	11,10	38
3	48,19	97	25	12,11	41
4	44,85	88	-7	11,20	47
5	45,46	106	-7	11,84	41
6	47,01	90	26	12,86	37
7	48,00	91	26	11,02	46

Se buscó información sobre el tipo de cucharas que estaban en el circuito de trabajo durante el período de recolección de datos:

Tabla 15. Circuito de cucharas

CIRCUITO DE CUCHARAS	
CUCHAR A	TIPO DE MATERIAL
1	Básico
2	Dolomítico
3	Dolomítico
4	Dolomítico
5	Dolomítico
6	Básico
7	Básico

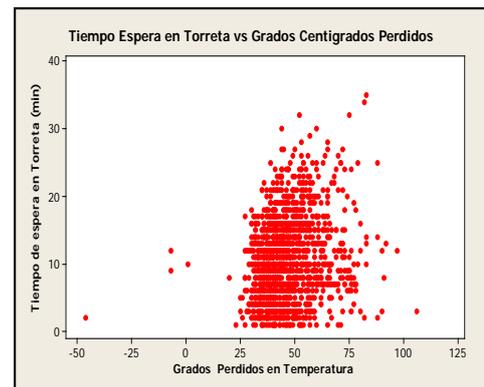
En la temperatura de acero solicitada por cuchara, se observó nuevamente la cuchara 1 presenta mayor desviación, a pesar que es muy similar la moda con las otras cucharas. En la cuchara N°1 que tuvo mayor desviación en la mayoría de todos los puntos analizados, se observó que estuvo elaborada de material Básico (Sílice y Alúmina) y las demás de material Dolomítico (Magnesita). Según datos la mayor desviación en temperaturas corresponde a cucharas Básicas.

Para considerar si existe alguna relación con estas variables atribuidas a los operadores mediante el uso del Programa MINITAB se determinó que tan relacionadas están las variables; se analizó la correlación existente entre el Tiempo de espera de una colada en la torreta con la relación entre los grados centígrados que pierde la colada mostrando una relación fortuita o insignificante, es decir las dos variables no están relacionadas.

No tiene ningún impacto el tiempo que espera la colada en la torreta, con los grados centígrados que pierde.

**Correlations: Espera. Perdido**

Pearson correlation of Espera and Perdido = 0,190  
P-Value = 0,000



*Figura 30.* Gráfica Correlación Espera Vs °C Perdidos

Al analizar la correlación existente entre los minutos de espera de la colada de acero líquido en la torreta contra la temperatura del Acero en el *Tundish*, apareció una relación negativa fortuita o insignificante, es decir no tiene nada que ver el tiempo que espere la colada en la torreta con la temperatura que tenga el acero líquido en el *Tundish*.

### Correlations: Espera. Tundish

Pearson correlation of Espera and Tundish = -0,160  
P-Value = 0,000

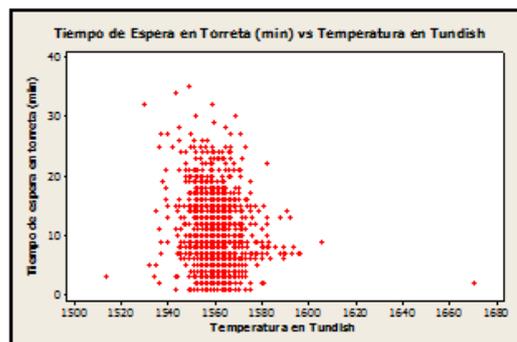


Figura 31. Gráfica Correlación Espera Vs °C en *Tundish*

Existió una ligera relación negativa entre los grados de temperatura perdidos y la temperatura de acero líquido en el *Tundish*, es decir entre más grados son los perdidos la temperatura de acero líquido es menor en el *Tundish*.

### Correlations: Perdido. Tundish

Pearson correlation of Perdido and Tundish = -0,246  
P-Value = 0,000

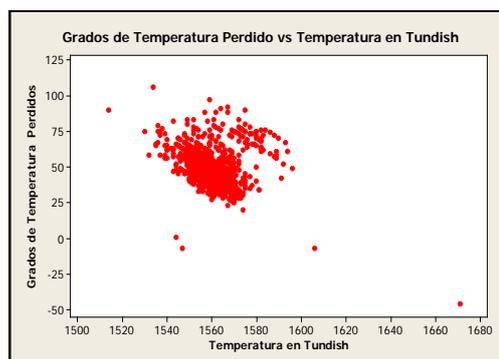


Figura 32. Gráfica temperatura perdida Vs Temperatura en *Tundish*

### **3.3 Analizar hechos y datos para aislar la causa raíz**

#### **3.3.1 Determinar las causas probables**

En conjunto con todos los participantes del grupo de mejora, en base a la información analizada y la experiencia de los operadores, se recolectó mediante una lluvia de ideas las causas probables que generan coladas fuera de especificación establecida referente a la Temperatura de Acero Líquido en *Tundish*, lo que se resume en el siguiente cuadro y diagrama causa y efecto.

#### **3.3.2 Análisis del diagrama de flujo de procesos:**

Se elaboró un Diagrama de Flujo recopilando la información de los involucrados en el proceso de Calentamiento de Acero Líquido para Colada Continua

Las fuentes de variación identificadas en el diagrama de flujo coinciden en su mayoría con las causas potenciales recolectadas en la lluvia de ideas y representadas en el diagrama espina de pescado.

<b>TEMA:</b>	<b>CAUSAS QUE ORIGINAN VARIABILIDAD DE LA TEMPERATURA DE ACERO LIQUIDO EN EL TUNDISH</b>
--------------	--

**ESTRATIFICACION LLUVIA DE IDEAS**

<b>MAQUINARIA</b>	<b>MEDIO AMBIENTE</b>	<b>MÉTODO</b>	<b>PROCESO</b>	<b>MANO DE OBRA</b>
No se conoce Temperatura de <i>Tundish</i>	Alta temperatura ambiente de proceso	Lugar toma de muestra de temperatura	No se usa curva de calentamiento de cucharas	Cansancio del personal del turno de la noche
Descalibración de las lanzas de toma de temperatura		Demora de abertura de cuchara	No se controla temperatura de calentamiento de <i>Tundish</i>	Modo de apertura manual de las válvulas del <i>Tundish</i>
Daño de termocuplas en los equipos de calentamiento ( <i>Tundish</i> , Cucharas)		Tiempo que tarda el Horno Cuchara en enviar Colada de acero líquido	Tipo de cuchara que se utiliza en el proceso	Control manual del proceso de equipos de calentamiento
Desplazamiento del calentador de válvulas de <i>Tundish</i>		No se sabe como calcular Temperatura liquidus del acero	Tipo de material refractario del <i>Tundish</i>	
Pocos calentadores para cucharas		Tiempo de espera de cuchara en la torreta	Escoria en el Fondo de la cuchara	
No hay mantenimiento preventivo de equipos de calentamiento		Tiempo de calentamiento de la cuchara	El peso de la colada de acero líquido en la cuchara	
Desconocimiento del responsable de mantenimiento correctivo en equipos de calentamiento		El tiempo de arco final en Horno Cuchara	El desgaste de las válvulas del <i>Tundish</i>	
		Tiempo de residencia de Cuchara en el Horno Cuchara	No hay homogenización de la temperatura del Acero líquido en el <i>Tundish</i>	
			Cambio de <i>Tundish</i> por calentamiento prematuro	
			Corridas o duración del <i>Tundish</i>	

Figura 33. Causas variabilidad Temperatura Acero Líquido Colada

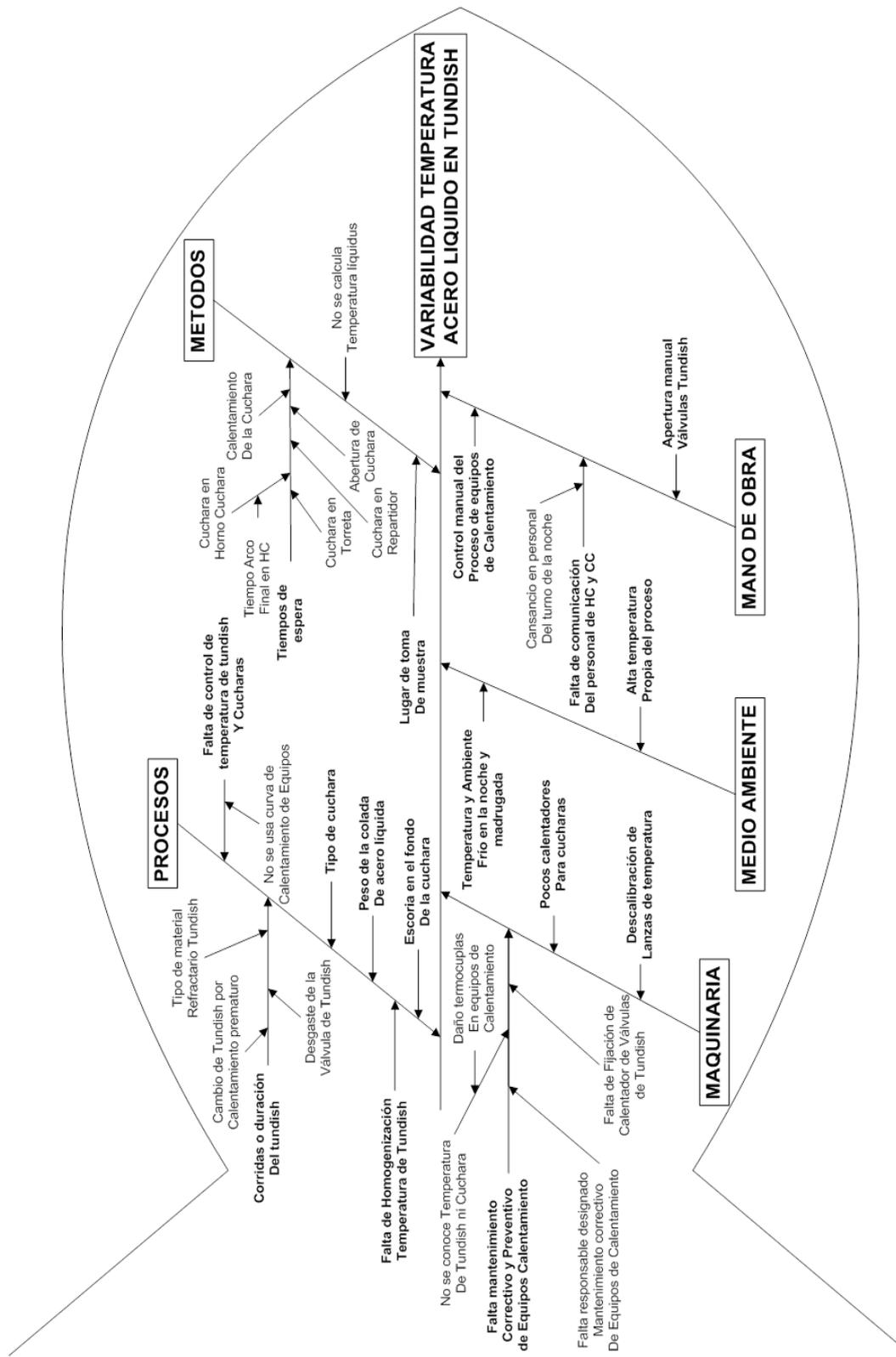


Figura 34. Diagrama Causa-Efecto Variabilidad Temperatura Acero líquido Tundish

*Figura 35.* Diagrama del flujo del proceso

### 3.3.3 Determinar causas potenciales

Una vez identificadas las causas probables, y en reunión con el grupo de mejora, se otorgó un peso a cada una de las posibles causas en base a la experiencia y conocimiento del proceso de calentamiento de Acero líquido para colada continua, a continuación en forma resumida se presenta en el siguiente cuadro el análisis de causas:

CAUSAS POTENCIALES	
CAUSAS	IDEA PRINCIPAL DE CAUSAS
No hay mantenimiento preventivo de equipos de calentamiento	Calentamiento
El desgaste de las válvulas del Tundish	Desgaste de Tundish
Corridas o duración del Tundish	
Cambio de tundish por calentamiento prematuro	
Modo de apertura manual de las válvulas del tundish	
Pocos calentadores para cucharas	No hay donde calentar cucharas
Tipo de cuchara que se utiliza en el proceso	Tipo de materiales usados
Tipo de material refractario del Tundish	
Alta temperatura ambiente de proceso	Control de la Temperatura Ambiente
Temperatura y ambiente frío en la noche y madrugada	
No hay homogenización de la temperatura del Acero líquido en el Tundish	No hay homogenización de temperatura en Tundish
Descalibración de las lanzas de toma de temperatura	Falta de calibración de equipos de toma muestra de temperatura y revisión de área de toma de muestra
Lugar toma de muestra de temperatura	
No se controla temperatura de calentamiento de tundish	Falta de Operatividad de los calentadores de Cuchara y de Tundish
No se conoce Temperatura de tundish	
No se conoce la temperatura de la cuchara	
Desplazamiento del calentador de válvulas de Tundish	
Daño de termocuplas en los equipos de calentamiento (tundish, Cucharas)	
No se usa curva de calentamiento de cucharas	
Control manual del proceso de equipos de calentamiento	
Demora de abertura de cuchara	Tiempo de subida de cuchara- Proceso Horno Cuchara
Tiempo de Posicionamiento de la cuchara en el Repartidor	
Tiempo que tarda el Horno Cuchara en enviar Colada de acero líquido	
Tiempo de residencia de Cuchara en el Horno Cuchara	
El tiempo de arco final en Horno Cuchara	No se conoce obligaciones del personal de colada continua
Desconocimiento del responsable de mantenimiento correctivo en equipos de calentamiento	
Cansancio del personal del turno de la noche	
Falta de comunicación entre el Personal de HC y CC	No se Cálcula la temperatura líquidos de colada de Acero líquido
No se sabe como calcular temperatura liquidus del acero	
Tiempo de espera de cuchara en la torreta	
Tiempo de calentamiento de la cuchara	Características de Acero líquido en Horno Cuchara
Escoria en el Fondo de la cuchara	
El peso de la colada de acero líquido en la cuchara	
Falta Homogenización del Acero en la Cuchara	

Figura 36. Causas Potenciales

Considerando los 13 miembros del grupo de mejora, se realizó una votación calificado de 0 a 3 el impacto en la variabilidad de dicho proceso, siendo 0 una causa nada de influyente y siendo 3 una causa directa de variación:

CAUSAS	MIEMBROS DEL EQUIPO DE MEJORA													TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Falta Plan de mantenimiento preventivo de Equipos de Calentamiento	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	38
Desgaste de <i>Tundish</i>	0	1	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	9
No hay donde calentar cucharas	2	2	3	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3	34
Tipo de materiales usados	2	1	2	2	2	2	1	1	1	1	0	0	1	16
No se puede controlar la Temperatura Ambiente	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	4
No hay homogenización de temperatura en <i>Tundish</i>	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	2	3	2	32
Falta de calibración de equipos de toma muestra de temperatura y revisión de área de toma de muestra	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	39
Falta de Operatividad de los calentadores de Cuchara y de <i>Tundish</i>	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	2	3	3	36
Tiempo de subida de cuchara- Proceso Homo Cuchara	2	1	1	1	0	0	0	2	1	0	1	0	1	10
No se conoce obligaciones del personal de colada continua	3	2	3	3	3	2	3	2	3	2	3	3	3	35
No se calcula la temperatura líquidos de colada de Acero líquido	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	37
Características de Acero líquido en Homo Cuchara	1	2	3	2	2	1	0	0	0	1	1	3	2	18

Figura 37. Priorización de Causas Potenciales

En base a este resultado se elaboró el Diagrama de Pareto para su análisis. Mediante un Diagrama de Pareto se trató de evidenciar las causas más probables para enfocar esfuerzos en los pocos vitales y dejar a un lado los muchos triviales.

Tabla 16. Tabla para Análisis de Pareto

CAUSAS	TOTAL	%	% ACUM
1. Falta de calibración de equipos de toma muestra de temperatura y revisión de área de toma de muestra	39	13%	13%
2. Falta Plan de mantenimiento preventivo de Equipos de Calentamiento	38	12%	25%
3. No se calcula la temperatura líquidos de colada de Acero líquido	37	12%	37%
4. Falta de Operatividad de los calentadores de Cuchara y de <i>Tundish</i>	36	12%	49%
5. No se conoce obligaciones del personal de colada continua	35	11%	60%
6. No hay donde calentar cucharas	34	11%	71%
7. No hay homogenización de temperatura en <i>Tundish</i>	32	10%	81%
8. Características de Acero líquido en Horno Cuchara	18	6%	87%
9. Tipo de materiales usados	16	5%	93%
10. Tiempo de subida de cuchara- Proceso Horno Cuchara	10	3%	96%
11. Desgaste de <i>Tundish</i>	9	3%	99%
12. No se puede controlar la Temperatura Ambiente	4	1%	100%
<b>TOTAL</b>	<b>308</b>	<b>100%</b>	

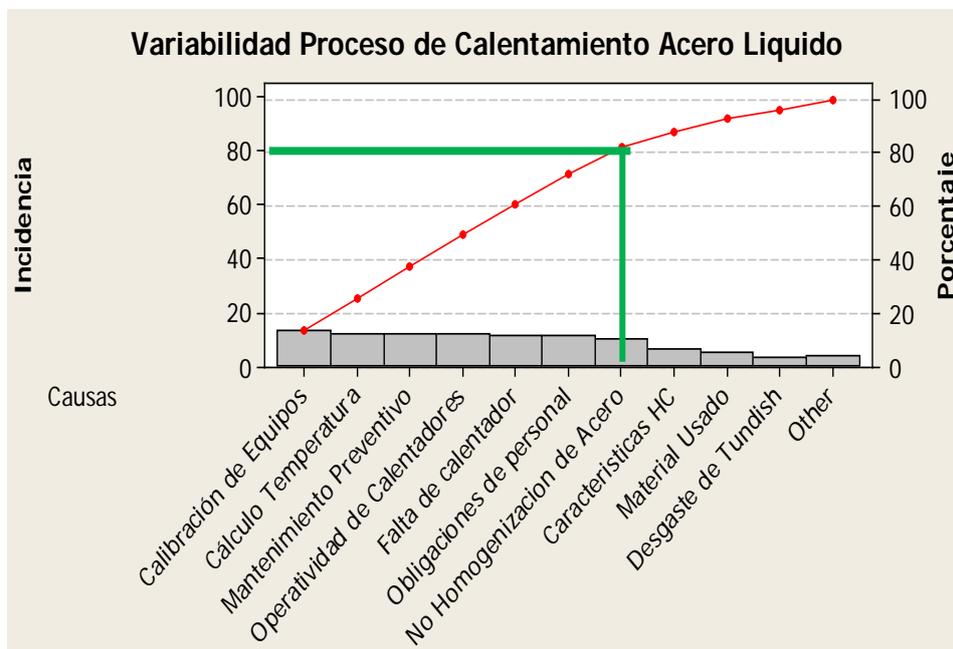


Figura 38. Diagrama de Pareto

### 3.3.4 Aislar Causa-Raíz

Se reúne a los miembros del grupo de mejora para analizar las causas que originan variación y según el análisis de Pareto se determinó la raíz de estos problemas considerando el análisis de los 5 Por qué.

Tabla 17. Análisis del Porqué de las Causas

#### **CAUSA 1: Falta de calibración de equipos de toma muestra de temperatura**

##### **Por Qué**

Las lanzas de temperatura no marcan una temperatura real

##### **Por Qué**

El operador golpea la lanza o quema la punta,

##### **Por Qué**

Las lanzas están des calibradas

##### **Por Qué**

El operador no informa a mantenimiento para que las calibren o realicen el cambio por daño o deterioro

##### **Por Qué**

No hay una frecuencia de calibración y revisión de lanzas establecida

#### **CAUSA 2: No se Calcula la temperatura líquidos de colada de Acero líquido**

##### **Por Qué**

Cada operador considera sus variables para la solicitud de temperatura

##### **Por Qué**

No se sabe la temperatura de la cuchara y *Tundish*

##### **Por Qué**

No hay criterios básicos para solicitar la temperatura

##### **Por Qué**

No hay una cultura de cálculo para la solicitud de temperatura

##### **Por Qué**

No se conoce una formula básica para calcular temperatura de acero líquido

#### **CAUSA 3:Falta de Operatividad de calentadores de Cuchara y de *Tundish***

##### **Por Qué**

No reflejan la temperatura real

##### **Por Qué**

No funcionan las termocuplas de los calentadores de Cuchara y *Tundish*

##### **Por Qué**

Nadie reporta el daño o deterioro de los equipos

##### **Por Qué**

No hay la cultura de uso de calentadores

##### **Por Qué**

Nadie lleva un control del tiempo de calentamiento de *Tundish* y o Cuchara

Continuación Tabla 17. Análisis del Porqué de las Causas

#### **CAUSA 4: No se conoce obligaciones del personal de colada continua**

**Por Qué**

No hay una adecuada comunicación entre turnos

**Por Qué**

El Hornero 1 de HC no toma enserio la temperatura solicitada por el Colador

**Por Qué**

Los operadores de Cuchara no obedecen recomendaciones de trabajo

**Por Qué**

Falta de liderazgo del operador de Colada Continua 1

**Por Qué**

No se sabe hasta qué punto llegan las responsabilidades de cada persona

#### **CAUSA 5: No hay donde calentar cucharas**

**Por Qué**

Hay 7 cucharas

**Por Qué**

Hay 3 calentadores

**Por Qué**

Las cucharas no pasan el suficiente tiempo en calentamiento

**Por Qué**

Las cucharas no cumplen la curva de calentamiento

**Por Qué**

No hay Calentadores de cuchara

#### **CAUSA 6: No hay homogenización de temperatura en *Tundish***

**Por Qué**

El acero se queda estancado en puntos fríos

**Por Qué**

El acero cae en el centro del *Tundish*

**Por Qué**

El chorro de acero genera turbulencia

**Por Qué**

El acero no se circula en *Tundish*

**Por Qué**

No hay un inhibidor de turbulencia

#### **CAUSA 7: No hay plan de mantenimiento preventivo de equipos**

**Por Qué**

No hay responsables designados para el cuidado de los equipos de calentamiento

**Por Qué**

No hay repuestos críticos identificados

**Por Qué**

No hay stocks máximos y mínimos de repuestos

**Por Qué**

Se ha realizado adaptaciones de repuestos que deterioran el equipo

**Por Qué**

No hay un plan de mantenimiento preventivo de equipos de calentamiento

### 3.3.5 Acciones remediales

Una vez identificadas las causas potenciales, se determinó aplicar acciones remediales para solucionar temporalmente la variación de temperatura de Acero líquido en el *Tundish* hasta implementar las acciones definitivas para eliminar la causa raíz.

**COMUNICACIÓN:** solicitar al personal la colaboración en todas las actividades que implican el proceso de calentamiento de acero líquido hasta redefinir las responsabilidades del personal.

**EQUIPOS DE CALENTAMIENTO:** hacer un diagnóstico de los equipos de calentamiento para ponerlos operativos tanto de cuchara como acero líquido para utilizarlos de la forma más rápida posible, por lo menos habilitar rápidamente las termocuplas.

**PRECAUCIÓN EN SOLICITAR TEMPERATURA DE ACERO LÍQUIDO:** solicitar a Coladores 1 de Colada Continua tener precaución para la solicitud de la temperatura especialmente no provocar sobre calentamiento del acero hasta tener una fórmula básica para el cálculo de la temperatura.

### 3.4 Establecer acciones para eliminar las causas raíz

Una vez identificadas las causas que generan el problema se estableció las siguientes acciones:

### 3.4.1 Propuesta de acción para cada causa raíz

Tabla 18. Acciones establecidas

<p><b>ACCION 1:</b>      <b>Garantizar la calibración de equipos de toma muestra de temperatura y revisión de área de toma de muestra</b></p>	<p>Por parte del área de mantenimiento, el Electrónico de Turno debe garantizar el funcionamiento de las Lanzas de medida de temperatura, a través del cumplimiento del procedimiento establecido "I-A-CC-02 Verificación de Instrumentos de medición de Temperatura", de acuerdo a las frecuencias establecidas.</p>
<p><b>ACCION 2:</b>      <b>Cálculo de la temperatura líquidus de colada de Acero líquido</b></p>	<p>Unificar los criterios para la petición de temperatura de acero líquido por parte de los Coladores 1, se puede basar en la elaboración de una fórmula de cálculo de temperatura líquida y tiempos de pérdidas, equipos de calentamiento, etc.</p>
<p><b>ACCION 3:</b>      <b>Operatividad de los calentadores de Cuchara y de <i>Tundish</i></b></p>	<p>Establecer los tiempos correspondientes de uso de calentadores de Cucharas y Calentadores de <i>Tundish</i>, con el respectivo ingreso de información en un formato pre establecido y establecer las condiciones básicas de tiempos de calentamiento.</p>
<p><b>ACCION 4:</b>      <b>Reafirmación de Obligaciones del personal de colada continua</b></p>	<p>Al ser la Colada Continua un área clave para el cumplimiento de este propósito y teniendo como antecedente los problemas sobre falta de comunicación y liderazgo en los turnos de trabajo se ve la necesidad de reafirmar las obligaciones del Personal de Colada continua, de Horno cuchara, Operadores de Cuchara, responsable de mantenimiento. Esta información debe ser debidamente comunicada y concientizada de su responsabilidades en el proceso de mejora, formalizar las responsabilidades a través de la descripción de funciones</p>
<p><b>ACCION 5:</b>      <b>Adquisición de un nuevo calentador automatizado para cuchara</b></p>	<p>Invertir en la adquisición de un nuevo calentador de cuchara automatizado al cual se le pueda programar la curva de calentamiento para las cucharas, y así conocer las temperaturas de salida de las mismas cuando ingresan al circuito, sin dejar una cuchara pendiente que pueda enfriarse durante el tiempo de ciclo en el circuito por falta de calentador.</p>
<p><b>ACCION 6:</b>      <b>Inhibidor de Turbulencia para homogenización de temperatura en <i>Tundish</i></b></p>	<p>Para homogenizar la temperatura de acero en el <i>Tundish</i>, se han diseñado los inhibidores de turbulencia los cuales tiene la función de receptor el acero líquido y distribuirlo a lo largo del <i>Tundish</i> evitando la concentración de temperatura. En el mercado existen ya piezas elaboradas de masa refractaria elaborada, pero también se puede someter a un diseño propio de la empresa.</p>
<p><b>ACCION 7:</b>      <b>Elaborar Plan de mantenimiento preventivo de Equipos de Calentamiento</b></p>	<p>Realizar una evaluación preliminar de los equipos de calentamiento, como los calentadores de Cuchara y <i>Tundish</i>, ponerlos operativos, si fuera necesario realizar rediseños de los mismos, especialmente en las termocuplas de medición de temperatura elaborar una lista de repuestos con stocks máximos y mínimos, elaborar un plan de mantenimiento preventivo y la designación de responsables para el mantenimiento correctivo.</p>

### **3.4.2 Plan de ejecución de acciones establecidas**

Luego de la concientización al grupo de mejora sobre la situación inicial, se elaboró un formato de Seguimiento a la Reuniones establecidas como se muestra en el ANEXO 3, este servirá para medir el nivel de cumplimiento de las acciones establecidas según los tiempos establecidos. Adicionalmente en el plan de acción se determinó qué quién, cómo cuándo y dónde se ejecutarán las actividades a establecidas

### **3.4.3 Plan de Recolección de datos**

Se estableció un programa de seguimiento de los datos que aportan cada una de las actividades ejecutadas a continuación la información que se desea recopilar. Adicionalmente se continuó recolectando la misma información en los formatos que se emplearon en el paso describir la situación actual, para verificar los resultados e ir evaluando la ejecución de actividades. Incluyendo al análisis de la calidad interna del producto con los análisis de macrografía.

Se elaboró un Plan de Recolección de Datos que implicó por cada acción determinar un responsable, la frecuencia de la recolección de la información y la forma o método de llevarla a cabo.

N° Acción	Qué (Acciones)	Quién (Responsable)	Donde (Área)	Cuándo (Semana)					Cómo
				1	2	3	4	5	
1	Garantizar la calibración de equipos de toma muestra de temperatura y revisión de área de toma de muestra	Lider del Proyecto (PG) Responsable de Mantenimiento (JC)	Mantenimiento						Establecer el plan de calibración de las lanzas de toma temperaturas (Registros de Calibración)
2	Cálculo de la temperatura líquidos de colada de Acero líquido	Lider del Proyecto (PG) Jefatura de Producción (MC)	Producción						Unificar criterios con todos los turnos para elaborar una fórmula básica de cálculo de la temperatura que considere las variables que influyen en la misma
3	Operatividad de los calentadores de Cuchara y de <i>Tundish</i>	Lider del Proyecto (PG) Jefe de Producción (MC)	Producción						Establecer con el personal involucrado (Operador de Cuchara, Colador 1) las condiciones de uso y operatividad de los Calentadores de Cuchara y <i>Tundish</i> para establecer los criterios básicos de tiempo y tipo de calentamiento por recipiente)
4	Reafirmación de Obligaciones del personal de colada continua	Lider del Proyecto (PG) Jefe de Producción (MC)	Producción						Revisar las responsabilidades de cada una de las personas que intervienen en el proceso
5	Adquisición de un nuevo calentador de cuchara automatizado	Jefe de Compras (LT)	Adquisiciones						Determinar características de un calentador de cuchara automatizado, cotizar, negociar, colocar orden de compra
6	Inhibidor de Turbulencia para homogenización de temperatura en <i>Tundish</i>	Lider del Proyecto (PG) Jefatura Refractarios (ID)	Refractarios						Revisar con el proveedor de refractarios, el diseño de un inhibidor de turbulencia, fabricarlo y colocarlo en el <i>Tundish</i>
7	Elaborar Plan de mantenimiento preventivo de Equipos de Calentamiento	Lider del Proyecto (PG) Jefe de Producción (MC) Mantenimiento(JC,FC)	Mantenimiento						Elaborar una frecuencia de revisión de los calentadores de cuchara y calentadores de <i>Tundish</i> para garantizar el funcionamiento de estos.

Figura 39. Plan de Acción

## PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS

N°	ACCION	DATOS A TOMAR	RESPONSABLE	FRECUENCIA	FORMA O METODO
1	Garantizar la calibración de equipos de toma muestra de temperatura y revisión de área de toma de muestra	Fecha, turno, frecuencia de calibración, responsable, motivo, técnico que realizó la calibración	Eléctrico- Electronico de Turno	Cada vez que se realice la misma por deterioro descalibración de equipos	Diseño de Formato Registro de Calibración de Equipos de Temperatura
2	Cálculo de la temperatura líquida de colada de Acero líquido	Fecha, colada, turno, temperatura y tiempo de subida de cuchara, tiempo de apertura, tipo de cuchara, demoras registradas	Responsable del Proyecto	Una muestra de 100 coladas según cronograma de inicio, para elaborar fórmula básica de solicitud de temperatura	Diseño de formato recolección de información por colada
3	Operatividad de los calentadores de Cuchara y de <i>Tundish</i>	Fecha, turno, N° de equipo, Tipo de recipiente, Tiempo de calentamiento, Temperatura, Observación en caso de daño o deterioro de Equipos de calentamiento	Coladores 1 Operador de cuchara	cada vez que se coloque un recipiente en un equipo de calentamiento	Diseño de un formato de Recolección de Información por Cuchara y por <i>Tundish</i>
4	Reafirmación de Obligaciones del personal de colada continua	Que realiza cada operador por turno con respecto al proceso de calentamiento de acero líquido para el proceso de colada continua	Responsable del Proyecto	Una muestra de 3 turnos de trabajo por 2 días diferentes	Diseñar el formato de Recolección de información por cada cargo del personal involucrado
5	Adquisición de un nuevo calentador de cuchara automatizado	Descripción de las necesidades, fecha de colocación de orden de compra, fecha de entrega	Jefe de Adquisiciones	Una vez concretado el pedido de Orden de Compra	Diseño de formato de seguimiento de Orden de Compra
6	Inhibidor de Turbulencia para homogenización de temperatura en <i>Tundish</i>	Diseño de Inhibidor, fecha, <i>Tundish</i> , colada, turno, temperatura, resultados obtenidos	Jefe de Refractarios	Cada vez que se utilice un Inhibidor de Turbulencia en el <i>Tundish</i>	Diseño de formato de seguimiento de desempeño de <i>Tundish</i>
7	Elaborar Plan de mantenimiento preventivo de Equipos de Calentamiento	Fecha, Turno, Tipo de Equipo, Actividad, frecuencia, técnico responsable, observaciones	Mantenimiento eléctrico electrónico Mantenimiento Mecánico	Cada vez que realice el programa de mantenimiento establecido según cronograma	Diseño de formato de mantenimiento preventivo por Calentadores de Cuchara, Por Calentadores de <i>Tundish</i>

Figura 40. Plan de Recolección de datos

### 3.4.4 Plan de Contingencia

Se estableció un plan de contingencia por cada acción propuesta. El grupo de mejora al ir evaluando en las reuniones periódicas el proceso de implementación pudo aplicar cualquier acción de contingencia necesaria, bajo la dirección del Responsable del proyecto.

Tabla 19. Plan de Contingencia

PLAN DE CONTINGENCIA		
N° Acción	Qué (Acciones)	Plan de Contingencia
1	Garantizar la calibración de equipos de toma muestra de temperatura y revisión de área de toma de muestra	Solicitar el medidor de temperatura del área de Horno Eléctrico para garantizar que siempre se tenga disponible un medidor de temperatura en Colada Continua, sin tener el riesgo de que una colada no sea medida por falta de equipos
2	Cálculo de la temperatura líquidas de colada de Acero líquido	No se elaborará un modelo matemático para el cálculo de temperatura, simplemente una fórmula básica para que el personal sepa a qué temperatura debe solicitar la colada para que esté dentro del rango establecido
3	Operatividad de los calentadores de Cuchara y de <i>Tundish</i>	Si por motivos de repuestos no están habilitados todos los equipos de calentamiento de acero líquido, las pruebas de operatividad se realizarán en el que esté funcionando
4	Reafirmación de Obligaciones del personal de colada continua	Si el personal involucrado directamente con el proceso de calentamiento de acero líquido en colada no es suficiente para ejecutar todas las actividades, se solicitará apoyo a otras áreas como Operación de Cuchara o Refractarios
5	Adquisición de un nuevo calentador de cuchara automatizado	Si por problemas de demora en importación no llegara el equipo a tiempo, se garantizará la disponibilidad al 100% de los equipos de calentamiento de cuchara
6	Inhibidor de Turbulencia para homogenización de temperatura en <i>Tundish</i>	Si no funciona la pieza refractaria correspondiente al inhibidor de turbulencia, se retirará inmediatamente del <i>Tundish</i>
7	Elaborar Plan de mantenimiento preventivo de Equipos de Calentamiento	Si el personal asignando no alcanza a realizar el mantenimiento preventivo programado y se evidencia actividades correctivas, se solicitará el apoyo adicional a los responsables para garantizar disponibilidad de equipos

**FASE 2**

**CAPÍTULO IV**

**IMPLEMENTACIÓN DE LA RUTA DE CALIDAD EN EL  
PROCESO DE CALENTAMIENTO DE ACERO LÍQUIDO**

Una vez cumplida la primera fase del Proyecto de Mejora, considerando el plan de acción establecido se procede a ponerlo en práctica según el período de tiempo fijado.

**4.4. Ejecutar las acciones establecidas**

**4.4.1. Comunicar las acciones establecidas**

El líder del proyecto debe garantizar que todas las personas que intervengan en la ejecución de las acciones conozcan y colaboren en las actividades que deben realizar y por qué la van a realizar y es el único responsable de solicitar y mediante quien se canaliza todos los cambios que se van a realizar y comunicar alguna suspensión o modificación de las acciones a tomar si el caso lo amerita.

Durante la ejecución de todo el proyecto y como sustento de las actividades del grupo de mejora constan todas las actas de Seguimiento a la Reuniones establecidas las cuales oportunamente fueron también remitidas a los implicados (ANEXO 4), lo que permitió realizar un seguimiento de las

actividades. Se comunicó por parte del equipo de trabajo a todo el personal del Acería las acciones que se van a ejecutar para reducir la variabilidad del proceso de calentamiento de acero líquido para la colada continua.

La primera forma de comunicación implicó la realización de carteles; es decir la elaboración de medios de comunicación escrita o visual, los cuales fueron considerados en la ejecución de cada una de las siete acciones propuestas para facilitar su cumplimiento, han sido recopiladas en el ANEXO 5.

#### **4.4.2. Proporcionar educación y entrenamiento**

A nivel general, la Dirección Técnica de Acería en conjunto con el departamento de Recursos Humanos de ADELCA; considerando el presupuesto de capacitación, organizó un curso de colada continua para todo el personal relacionado con este proceso, pues antes de iniciar con la mejora es necesario que todos tenga la base teórica del proceso de solidificación y su impacto en la calidad interna y externa de la palanquilla.

En el país no existe empresas de capacitación sobre este tema, con el apoyo de FEDIMETAL; Federación Ecuatoriana de Industrias del Metal, a la cual es afiliada ADELCA se contactó a la Empresa Argentina de Asistencia Técnica y Capacitación METALLON.

Considerando los turnos rotativos del personal, se organizó la capacitación de 8 horas por grupo, los días los días 9, 11 y 13 de Julio del 2012 en las Instalaciones de la Empresa, el personal fue distribuido de la siguiente forma:

*Tabla 20.* Organización de Personal para capacitación

9 DE JULIO	11 DE JULIO	13 DE JULIO
GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3
Toaquiza Javier	Tipán Paul	Barros Franklin
Ruiz Sandro	Guerrero Santiago	Gordón Augusto
Valencia Juan	Mosquera Juan	Muñoz Paúl
Heredia José Luis	Calero Miguel	Siza Washington
Tapia Edison	Pilicita Wilson	Toapanta Darío
Sandoval Javier	Edwin Lopez	Naula Fidel
Altamirano Francisco	Llano Edy	Caiza Juan Carlos
Alarcón Diego	Cabrera Rafael	Uvillus Darwin
Rivera Wilmer	Vinuesa Edison	Lamar Galo
Barrera Israel	Lema Giovanni	Tixi José
Placencio Juan	Heredia Vinicio	Caiza Ángel
Pavón Franklin	Guañuna Juan Carlos	Simbaña Darío
Venegas Franklin	Chasi Luis	Zurita Cristian
Grijalva Roberto	Carrillo José	Caiza Héctor
Angulo Ronald	Sala barría Antonio	Lopez Julio
Zamora Marco	Tacuri Edwin	Pinto Jorge
Almeida José	Andrade Mauricio	Carrillo Mauricio
Leonardo Suárez	Betancourt Gustavo	Arteaga Jacinto
Gualotuña Paulina	Díaz Alicia	Calala Carmen
Chamorro Jorge	Romero Cruz	Cárdenas Marco
Daniel Criollo	Luis Chicaiza	Luis Llumigusin
Víctor Narváez	Enrique Gutiérrez	Juan Carlos Lazcano
Carrera Eduardo	Damer Ivo	Luis Hernández



*Figura 41.* Capacitación personal Acería

### 4.4.3. Ejecutar las acciones establecidas

#### 4.4.3.1. Garantizar calibración de equipos de toma muestra de temperatura y revisión de área de toma de muestra

El conocimiento de la temperatura del acero líquido es esencial para la producción y control de calidad de acero, esta debe estar dentro de los límites determinados. Por lo tanto, la exactitud, reproducibilidad y fiabilidad de las mediciones influyen directamente en el control de la temperatura.

El método utilizado por Acería del Ecuador C.A. ADELCA es la medición de temperatura termoeléctrica con termopares. El efecto termoeléctrico puede ser explicado por la teoría de que al calentar un alambre de metal en un lado, los electrones externos de los átomos de metal será puesto en libertad y se moverá hasta el final más frío. Por esto, el lado caliente del alambre quedan cargados positivamente debido a un exceso de iones, y será el lado frío quedan cargados negativamente debido a un exceso de electrones.

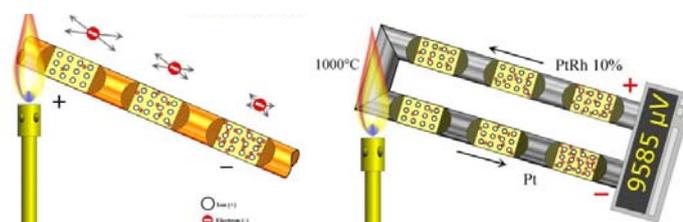
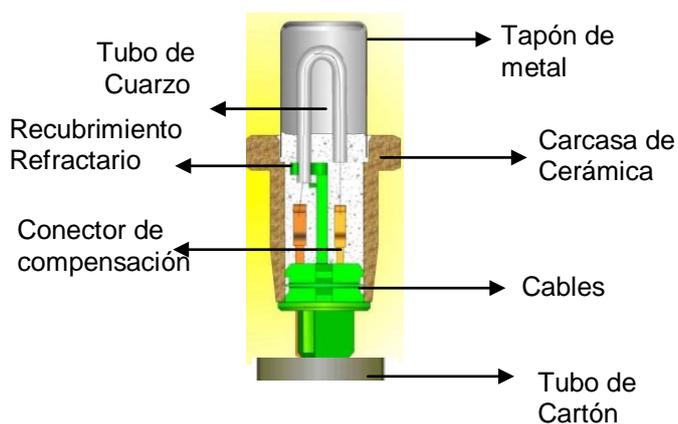


Figura 42. Funcionamiento de Termocuplas

FUENTE: *Electronite*,. (2012). *Funcionamiento de Termocuplas*. Recuperado en mayo 12, 2012. Disponible en [www.electronite.com](http://www.electronite.com)

En los instrumentos digitales de medición de temperatura esta tensión eléctrica es transformada en impulsos mediante el uso de una termocupla que es un transductor de temperatura, es decir un dispositivo que convierte una magnitud física en una señal eléctrica. Las termocuplas compuestas por:



*Figura 43.* Partes de una termocupla

FUENTE: *Electronite*,. (2012). *Funcionamiento de Termocuplas*. Recuperado en mayo 12, 2012. *Disponible en* [www.electronite.com](http://www.electronite.com)

La temperatura se analiza utilizando lanzas que permiten la inmersión de los termocuplas conectadas a una sonda que trasmite los impulsos a una pantalla digital que muestra la temperatura al personal. Para el área de colada continua se cuenta con un equipo de medición de temperatura denominado DIGITEM II.

Al ser un equipo cuya precisión de lectura está dada por los impulsos eléctricos, es importante la revisión del Procedimiento de Verificación de Instrumentos de Medición de Temperatura y un formato de Registro de

calibración de Equipo en Colada continua, el mencionado procedimiento aplica a todos los equipos de medición de temperatura del área ya que tienen el mismo funcionamiento. Según ANEXO 6

Como plan de contingencia se tiene la unidad adicional de medición de temperatura del Horno Eléctrico, para remplazar el de Colada Continua en el caso que se interrumpiera la medición por daño o deterioro del equipo.

Adicionalmente se determinó con los operadores un procedimiento de la toma de muestra de temperatura en acero líquido en el *Tundish* de esta manera, se garantizó que la forma de medición sea estandarizada, según ANEXO 7

Se estableció los siguientes criterios los cuales han sido comunicados mediante letreros:

- Todas las coladas deben registrar su temperatura de Acero líquido.
- Se debe verificar diariamente el instrumento de medición de temperatura y las veces que sean necesarias si se detecta algún problema
- No golpear la punta de la lanza

El resultado de una medición puede mostrar variación en el proceso o variación en la medición por lo que luego de la aplicación del procedimiento de toma de muestras en colada continua, a la par que se garantizó la verificación del equipo de toma muestra de temperatura se realizó una

evaluación del sistema de medición de Temperatura de Acero Líquido en el *Tundish*.

CONDICIONES DE MEDICIÓN ISOPLOT	
ACTIVIDAD	DESCRIPCION
	El Operador de Cuchara coloca el Cartucho de medición en la lanza de temperatura.
	El operador de Cuchara sumerge en el <i>Tundish</i> la lanza de toma de temperatura según procedimiento I-A-PD-17 establecido
	La lanza de temperatura debe estar dentro del área demarcada para la toma de muestra. Inmediatamente el Otro operador de Cuchara toma la muestra de temperatura según procedimiento establecido.
	La temperatura de la colada aparece en el display y es registrada para el análisis de la variabilidad del proceso medición

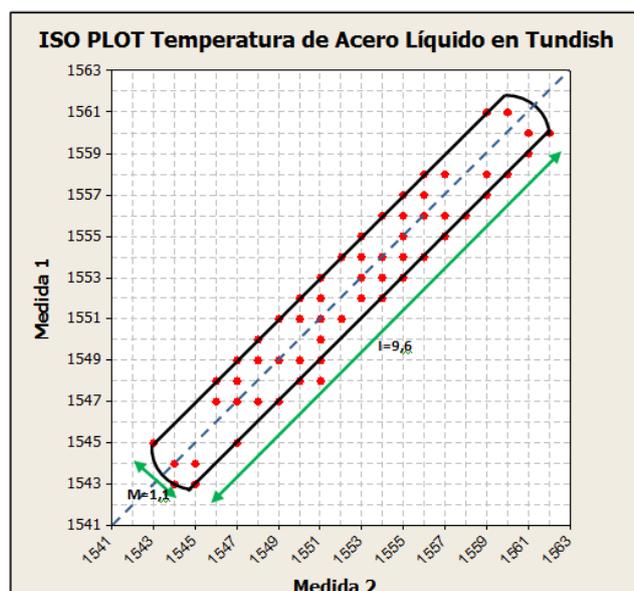
Figura 44. Condiciones de medición de Isoplot

Es importante mencionar que para la medición de temperatura el instrumento de medición (Cartuchos de cartón) ya no se vuelven a utilizar, siendo esta la razón que limita el muestreo, pues es un ensayo destructivo. Considerando la producción promedio de 700 coladas al mes, se tomó 100 muestras de temperatura entre todos los 3 turnos de producción.

Para recopilar esta información se consideró a los dos Operadores de Cuchara que son los responsables de la toma de la temperatura en *Tundish*, se procedió a realizar una toma de muestra de temperatura con la aplicación del procedimiento establecido, realizando dos mediciones en la colada bajo las mismas condiciones.

La recolección de la información se la puede observar en el ANEXO 8, datos mediante los cuales se ha elaborado el ISO PLOT para el respectivo análisis.

Con el Isoplot que es una herramienta sencilla, se busca evaluar si un sistema de medición como el caso de la Temperatura de Acero líquido, tiene un poder de discriminación adecuado, para prevenir interpretaciones y decisiones erradas, debido al error o la incertidumbre de la medición.



Criterio de Aceptación  $I / \Delta M \geq 8.5$

**9,6/1,1 = 8,73 ACEPTADA**

Figura 45. ISOPLOT temperatura de acero líquido en *Tundish*

Se concluyó que el desempeño el Sistema de medición de temperatura de acero líquido en el *Tundish* tiene las siguientes características:

- **Exactitud:** acercamiento de la medición al valor verdadero.
- **Precisión:** repetibilidad del sistema de medición.
- **Discriminación:** error pequeño con relación a la variabilidad de la medición.
- **Sesgo:** Una desviación constante contra la verdad.

Considerando aceptable y fiable el sistema de medición empleado garantizando el funcionamiento de los equipos de medición y la aplicación por parte de los operadores del procedimiento establecido.

#### **4.4.3.2. Cálculo de la temperatura *liquidus* de colada de Acero líquido**

La temperatura de acero líquido medida en el *Tundish* es de vital importancia como parte del inicio del proceso de solidificación. De aquí la importancia de solicitar la temperatura adecuada para que llegue a este recipiente dentro de los parámetros establecidos.

El tiempo a ser considerado inicia desde el horno cuchara, cuando el Hornero 1 de HC consulta al operador a que temperatura debe enviar la colada, la cual toma tiempo en ser trasladada con la grúa y colocarse en la torreta para abrir la válvula gaveta e iniciar el proceso de colado.

Cada Colador 1 de cabina solicitó la temperatura a su manera de acuerdo a la experiencia, de ahí la necesidad de unificar criterios en todos los turnos, para elaborar una fórmula básica de cálculo de temperatura considerando los parámetros que intervienen.

El primer paso fue considerar que actividades intervienen y el tiempo de duración de cada una de estas, para lo cual se hizo un seguimiento de tiempos y movimientos desde la salida de la colada hasta el inicio del proceso, tomando como muestra 200 coladas en los tres turnos de producción.

ACTIVIDAD	DESCRIPCION	RESPONSABLE
	Levantamiento de Electrodos de Horno Cuchara.	Hornero 1 Horno Cuchara
	Posicionamiento de Cuchara hasta puente grúa	Hornero 1 Horno Cuchara Operador de Grúa 80t
	Subida de cuchara a la torreta desde el Horno Cuchara hasta la colada continua	Operador de Grúa 80t
	Giro de Torreta desde que está posicionada en el brazo hasta que se posiciona para abrir la cuchara	Colador 1
	Apertura de válvula gaveta, de la Cuchara	Operador de Cuchara
	Toma de temperatura de Acero en <i>Tundish</i> luego del tiempo establecido en el procedimiento.	Colador 1 Operador de Cuchara

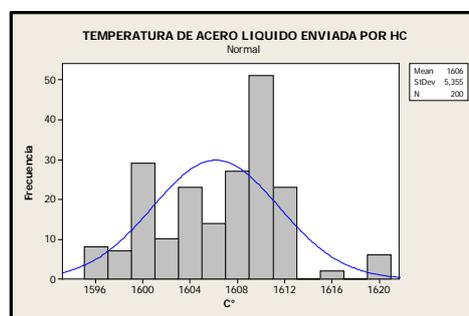
Figura 46. Actividades involucradas en el cálculo de temperatura de Acero Líquido

Se elaboró un formato para la recolección de tiempos de subida de colada de HC a CC según ANEXO 9, donde se consideró el turno, la temperatura inicial de colada desde el levantamiento de electrodos del Horno Cuchara, subida de cuchara a la torreta, giro de torreta, apertura de cuchara, toma de temperatura en *Tundish* se calculó los minutos específicos que toman estas actividades en forma acumulativa y se registró los grados centígrados perdidos y la relación de grados perdidos por minuto.

La Temperatura de Acero Líquido enviada por el Horno Cuchara por pedido del Colador 1 está en los siguientes rangos:

*Tabla 21.* Temperatura de Acero líquido Enviada por Horno Cuchara

<b>TEMPERATURA ENVIADA POR HORNO CUCHARA</b>	
<b>PROMEDIO</b>	1606,16
<b>MIN</b>	1595,00
<b>MAX</b>	1620,00
<b>DESVEST</b>	5,36



*Figura 47.* Temperatura de Acero Líquido enviada por HC

Se analizó el tiempo que implica cada una de estas actividades, tomando como inicio el levantamiento de electrodos de Horno Cuchara para luego considerar el tiempo que se toma en posicionarse la grúa bajo la cuchara:

Tabla 22. Minutos que tarda en posicionarse la grúa sobre la cuchara

POSICIONAMIENTO DE GRUA SOBRE CUCHARA (min)	
PROMEDIO	0:01:27
MIN	0:01:03
MAX	0:01:50
DESVEST	0:00:14



Figura 48. Posicionamiento de Grúa sobre Cuchara (min)

Se consideró el tiempo que tarda la grúa en subir la colada desde el Horno Cuchara hasta la ser colocada en el brazo de la torreta este tiempo va desde que se la cuchara es levantada por la grúa.

Tabla 23. Subida de la Colada de Horno Cuchara a Torreta (min)

POSICIONAMIENTO DE GRUA SOBRE CUCHARA (min)	
PROMEDIO	0:01:57
MIN	0:01:16
MAX	0:02:45
DESVEST	0:00:20

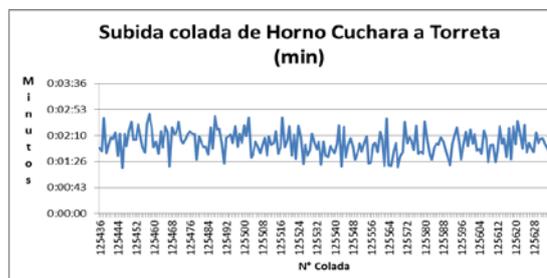


Figura 49. Subida de la colada de Horno Cuchara a Torreta (min)

El tiempo que la colada permanece en la el brazo de la torreta aguardado que termine la otra colada y se pueda continuar la secuencia de colado.

Tabla 24. Giro de Torreta (min)

PROMEDIO	0:11:57
MIN	0:05:37
MAX	0:18:50
DESVEST	0:02:44

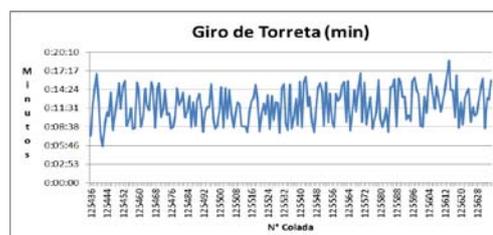


Figura 50. Giro de Torreta (min)

En la apertura de cuchara se consideró el mecanismo de abertura automática con válvula gaveta, la cual es manipulada a control remoto por el Operador de Cuchara; en el orificio de la válvula es colocada arena para que en el momento de la abertura caiga primero esta y luego el acero líquido de forma rápida, la diferencia se evidencia por el tiempo que tarda en que caiga toda la arena y empiece el chorro de acero líquido. Si en ocasiones no llegara a caer la arena libremente, el Operador de Cuchara ingresa un tubo por el orificio para “destapar” la cuchara y ayudar la abertura de cuchara.

Tabla 25. Apertura de Cuchara (min)

APERTURA DE CUCHARA (min)	
PROMEDIO	0:00:46
MIN	0:00:12
MAX	0:01:16
DESVEST	0:00:11

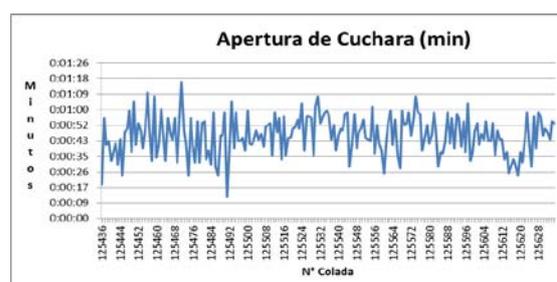


Figura 51. Apertura de Cuchara (min)

La toma de muestra de temperatura según procedimiento establecido se realizó a los 10 minutos de la apertura de cuchara.

Tabla 26. Toma de muestra de Temperatura en Tundish (min)

TOMA MUESTRA DE TEMPERATURA TUNDISH (min)	
PROMEDIO	0:10:24
MIN	0:09:10
MAX	0:11:06
DESVEST	0:00:21

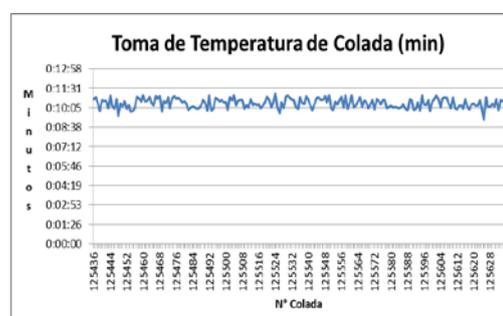


Figura 52. Toma de Temperatura de Colada en Tundish

La temperatura de acero líquido en *Tundish* a los 10 minutos se demuestra en el siguiente gráfico:

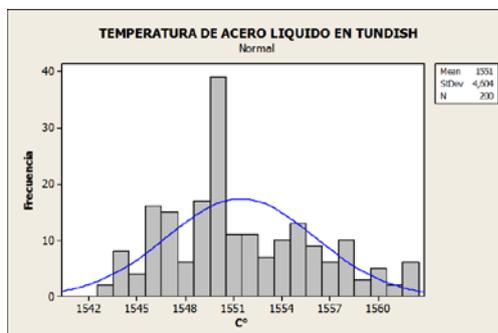


Figura 53. Temperatura de Acero líquido en *Tundish* (min)

Los grados centígrados perdidos en el proceso están en promedio 54,73°C.

Tabla 27. Grados Centígrados perdidos en Proceso de HC-CC (min)

<b>GRADOS CENTIGRADOS PERDIDOS PROCESO (min)</b>	
<b>PROMEDIO</b>	54,73
<b>MIN</b>	44,00
<b>MAX</b>	67,00
<b>DESVEST</b>	5,36

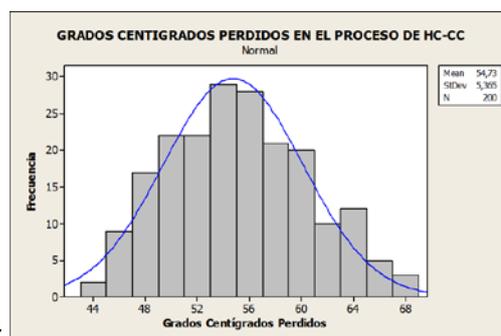


Figura 54. Grados Centígrados perdidos en el proceso de HC-CC

La pérdida de grados centígrados está íntimamente relacionada con el tiempo que tarda la colada en llegar a la torreta, por tal motivo se ha considerado el índice de grados centígrados perdidos por minuto.

Tabla 28. Grados Centígrados Perdidos por minuto

<b>GRADOS CENTIGRADOS PERDIDOS POR MINUTO</b>	
<b>PROMEDIO</b>	2,27
<b>MIN</b>	1,81
<b>MAX</b>	3,59
<b>DESVEST</b>	0,27

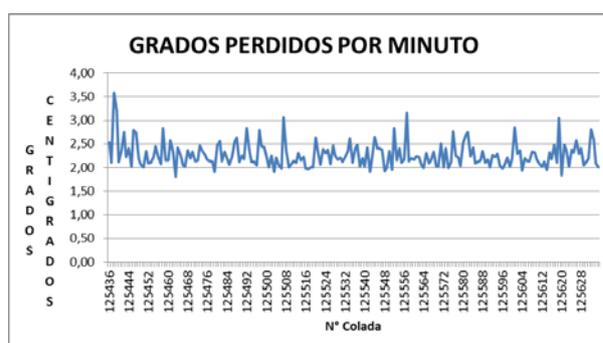


Figura 55. Grados Centígrados Perdidos por minuto

Sin considerar el pico más alto, para depurar los datos recolectados, y considerar los valores para la elaboración de la fórmula de cálculo de colada continua, cabe mencionar que la desviación estándar es 0,24°C, con un promedio de 2,26°C.

Tabla 29. Grados Centígrados perdidos por minuto sin variación

<b>GRADOS CENTIGRADOS PERDIDOS POR MINUTO (sin Variación)</b>	
<b>PROMEDIO</b>	2,26
<b>MIN</b>	1,81
<b>MAX</b>	3,15
<b>DESVEST</b>	0,24

En resumen, se consideró las variables que intervienen en el proceso, siendo la actividad correspondiente al giro de torreta, lo que implicó mayor desviación, pues está relacionada íntimamente con la duración de acero líquido en la cuchara. Que puede variar de 30 +/- 1 t estimándose como un peso aceptable por la Dirección Técnica.

Tabla 30. Actividades que intervienen entre traslado de HC a CC

<b>ACTIVIDADES EN EL TRASLADO DE HC -CC</b>					
	<b>Posición hasta puente</b>	<b>Subida a la Torreta</b>	<b>Giro Torreta</b>	<b>Apertura de Cuchara</b>	<b>Toma de Temperatura</b>
<b>PROMEDIO</b>	0:01:27	0:01:57	0:11:57	0:00:46	0:10:24
<b>MIN</b>	0:01:03	0:01:16	0:05:37	0:00:12	0:09:10
<b>MAX</b>	0:01:50	0:02:45	0:18:50	0:01:16	0:11:06
<b>DESVEST</b>	0:00:14	0:00:20	<b>0:02:44</b>	0:00:11	0:00:21

Considerando los valores estables de velocidad de colado de 1,8 a 2,00 m/min con el tonelaje de acero líquido en cuchara.

Tabla 31. Variables que intervienen entre traslado de HC a CC

<b>VARIABLES QUE INTERVENIEN EN EL PROCESO DE SUBIDA HC - CC</b>						
	<b>Posición hasta puente</b>	<b>Subida a la Torreta</b>	<b>Giro Torreta</b>	<b>Apertura de Cuchara</b>	<b>Toma de Temperatura</b>	<b>TOTAL</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>0:01:27</b>	<b>0:01:57</b>	<b>0:11:57</b>	<b>0:00:46</b>	<b>0:10:24</b>	<b>0:26:31</b>
<b>%</b>	5,5%	7,4%	45,0%	2,9%	39,2%	
<b>DESVEST</b>	<b>0:00:14</b>	<b>0:00:20</b>	<b>0:02:44</b>	<b>0:00:11</b>	<b>0:00:21</b>	

Se consideró los valores de tiempo promedio de cada una de las actividades que intervienen desde el traslado de HC a CC, así como la desviación estándar.

Al realizar el análisis del porcentaje del tiempo de cada actividad que implicó el traslado total de la colada de acero líquido desde el Horno Cuchara a la Colada Continua, está la toma de temperatura de acero líquido; variable de la cual mediante otra acción de mejora se centró en fijar el procedimiento en el tiempo establecido.

Otra variable de gran impacto dentro de las actividades que intervienen en el proceso de traslado de Acero Líquido a Colada Continua fue dada por el tiempo de espera de cuchara en la torreta, este valor debe considerar el número de líneas y la velocidad de colado, el cual ya es conocido por el operador. Basada en esta información se consideró el rango de 1545°C a 1560°C para solicitar la temperatura al Horno Cuchara, se buscó como objetivo centrar la temperatura a 1550°C.



Figura 56. Datos necesarios para el cálculo de T°C en Horno Cuchara

Se estableció constantes para el cálculo de la fórmula con los minutos promedios de cada de las actividades que intervienen, cabe mencionar que las desviaciones estándar de estas nos son representativas como para afectar el proceso.

Los tiempos de mayor incidencia en cuanto al tiempo total fueron los minutos de espera por toma de temperatura, los cuales según procedimiento establecido se ha centrado en 10 minutos. La segunda actividad de mayor impacto corresponde a los minutos que implica el giro de torreta, este valor fue el único que va a ingresar el operador con condiciones conocidas como velocidad de colado y número de líneas, que generalmente son 3, solo en

casos especiales por inicio de proceso estas pueden 1 o 2 hasta estabilizar el proceso de arranque.

Tabla 32. Constantes para el cálculo de fórmula de Colada Continua

VARIABLES QUE INTERVENIEN EN EL PROCESO DE SUBIDA HC - CC						
	Posición hasta puente	Subida a la Torreta	Giro Torreta	Apertura de Cuchara	Toma de Temperatura	TOTAL
CONSTANTE	0:01:27	0:01:57	0:12:00	0:00:46	0:10:00	0:26:11

Una vez que se tiene el tiempo total en minutos aproximado que tomó la colada de acero líquido hasta llegar a la Colada Continua, se multiplicó por los grados centígrados promedio que se pierden por minuto y a este valor se le va a sumar al valor de 1550°C que fue el objetivo establecido.

$$\text{Temperatura Solicitar HC} = \text{Temperatura Objetivo CC} + \left[ \left( \begin{array}{c} \text{Posición} + \text{Subida} + \text{Giro} + \text{Apertura} + \text{Toma} \\ \text{Puente} \quad \text{Torreta} \quad \text{Torreta} \quad \text{Cuchara} \quad \text{Temperatura} \end{array} \right) \cdot \text{Grados perdidos por minuto} \right]$$

$$\text{Temperatura Solicitar HC} = 1550^{\circ}\text{C} + ((01:27 + 01:57 + X + 00:46 + 10:00) \cdot 2,26)$$

Figura 57. Fórmula de Cálculo de Temperatura Acero Líquido

La formula fue sometida a un periodo de prueba de 5 días, es importante mencionar que para esto se acordó con el grupo de mejora realizar la validación garantizando la operatividad de Calentadores de *Tundish* y de Cucharas así como considerar que el proceso de funcionamiento de lanzas de temperatura y procedimiento de toma de muestras se encuentre afianzado ya en el personal.

La recopilación de estos datos consta en el ANEXO N° 10, de lo cual se puede resumir los siguientes resultados obtenidos:

Tabla 33. Resumen de resultados de la Aplicación Fórmula de Colada Continua

<b>APLICACIÓN CALCULO DE COLADA CONTINUA</b>			
	<b>Espera en Torreta</b>	<b>°C Solicitada para CC</b>	<b>°C en Torreta</b>
<b>PROMEDIO</b>	0:11:17	1607,43	1552,67
<b>MIN</b>	0:02:00	1586,50	1541,00
<b>MAX</b>	0:25:00	1638,39	1564,00
<b>DESVEST</b>	0:04:22	9,87	5,36

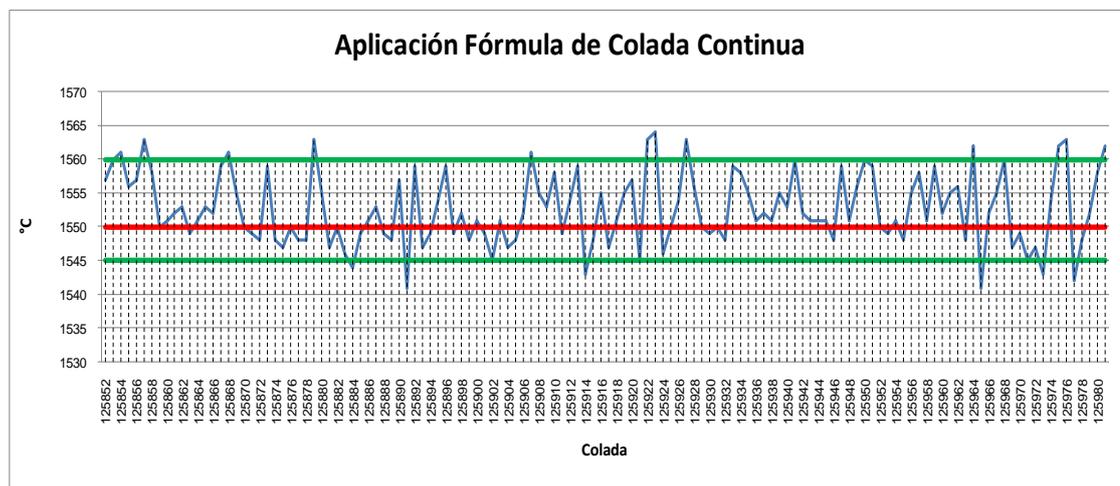


Figura 58. Resumen de resultados de la Aplicación Fórmula de Colada Continua

En el cálculo de la fórmula el objetivo considerado fue 1550°C, para centrar el proceso, el promedio de minutos de espera en torreta es 11 minutos, considerando una desviación estándar de 5,36 °C del Acero Líquido, claro está que las variaciones están relacionadas con el tiempo de espera en torreta; si bien es cierto existe puntos que están fuera, el proceso está dentro de los límites establecidos, considerando resultados óptimos, por parte de la dirección técnica y el grupo de mejora.

#### **4.4.3.3. Operatividad de los calentadores de Cuchara y de *Tundish***

Para establecer los parámetros de operación de los calentadores de *Tundish* y de Cuchara fue necesario garantizar que estén habilitados totalmente. Para ello se debió realizar una evaluación preliminar para conocer el estado inicial de los equipos y coordinar con el departamento de mantenimiento la respectiva revisión de los mismos.

##### **4.4.3.3.1. Calentadores de Cucharas**

En la empresa ADELCA se cuenta con 3 calentadores de Cucharas distribuidos a continuación.

Las condiciones básicas de funcionamiento de los Calentadores de Cuchara fueron dados por el conocimiento de la temperatura y el funcionamiento básico de todos los botones de operación como encendido, apagado, selector de nivel temperatura de trabajo. En la evaluación inicial realizada por el mecánico y el eléctrico electrónico responsable de estos equipos se determinó que:

CODIGO	DESCRIPCION	UBICACION
1		Plataforma de Cuchara
2		Área De Refractarios
3		Carro Horno Cuchara

Figura 59. Distribución de Calentadores de Cuchara en ADELCA

Tabla 34. Diagnóstico de calentadores de Cuchara

DIAGNÓSTICO CALENTADOR DE CUCHARA		
CODIGO	LECTURA DE TEMPERATURA	OBSERVACION
1	No	Termocupla Dañada/ Lectura Mostrada -17°C
2	No	Termocupla Dañada/ Lectura Mostradas - 1540°C
3	No	Dañada / No funciona selector de Nivel

#### 4.4.3.3.2. Calentadores de *Tundish*

Al igual que las condiciones básicas de funcionamiento de los calentadores de Cuchara, en los calentadores de *Tundish* se debe tener habilitado el indicador de temperatura y el funcionamiento básico de todos

los botones de operación como encendido, apagado, selector de nivel temperatura de trabajo.

Es importante mencionar que el calentador de *Tundish* 3 ubicado en el área de refractarios es utilizado en caso de emergencia, por ese motivo los operadores justifican el descuido y deterioro de ese equipo.

En la evaluación inicial realizada por el mecánico y el eléctrico electrónico responsable se determinó que:

*Tabla 35.* Diagnóstico de calentadores de *Tundish*

<b>DIAGNOSTICO CALENTADOR DE TUNDISH</b>		
<b>CALENTADOR</b>	<b>LECTURA DE TEMPERATURA</b>	<b>OBSERVACION</b>
1	Si	Fibra Cerámica deteriorada Llama de calentamiento de válvula sin fijación
2	Si	Fibra Cerámica deteriorada Llama de calentamiento de válvula sin fijación
3	No	Termocupla dañada Fibra Cerámica deteriorada Llama de calentamiento de válvula sin fijación No funciona selector de nivel de temperatura

Luego de la evaluación preliminar se realizó una lista de actividades con sus respectivos responsables y tiempo establecido. Los responsables organizaron su grupo de trabajo para terminar las actividades en los días planificados incluyendo días laborales y no laborales.

CODIGO	DESCRIPCION	UBICACION
1		Lado Derecho de <i>Tundish</i>
2		Lado Derecho de <i>Tundish</i>
3		Área De refractarios

Figura 60. Distribución de Calentadores de *Tundish* en ADELCA

DONDE	QUE	QUIEN	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Calentador de Cuchara	Revisión de materiales a ser necesarios para habilitación de Quemadores de Cuchara	J. Chamorro Electrónico	■								
	Colocación de termocuplas en quemadores de cuchara, con la respectiva protección	J. Chamorro Electrónico		■	■	■					
	Revisión de otros instrumentos deteriorados que fueran necesarios reemplazar en el calentador de <i>Tundish</i>	J. Chamorro Electrónico				■	■				
	Elaboración de un borrador del plan de mantenimiento preventivo (Parte eléctrica-electrónica)	J. Chamorro Electrónico						■	■	■	
	Colocación de lana refractaria en las tapas de calentadores de cuchara	F Criollo Mecánico	■								
	Presencia de la llama piloto. Revisión de la cantidad de GLP y oxígeno en la llama de los calentadores	F Criollo Mecánico		■	■						
	Revisión de Unidad hidráulica (calidad del aceite, filtros, mangueras).	F Criollo Mecánico				■	■				
	Elaboración de un borrador del plan de mantenimiento preventivo (Parte mecánica)	F Criollo Mecánico						■	■		
<i>Tundish</i>	Revisión de termocuplas de <i>Tundish</i>	F Quinga Eléctrico	■	■							
	Revisión de otros instrumentos deteriorados que fueran necesarios reemplazar en el calentador de <i>Tundish</i>	F Quinga Eléctrico			■	■					
	Elaboración de un borrador plan de mantenimiento preventivo (Parte eléctrica-electrónica)	J Chamorro Electrónico					■	■	■		
	Revisión de fugas de GLP o aire equipos de calentamiento de <i>Tundish</i>	F Criollo Mecánico		■							
	Colocación de lana refractaria en las tapas de <i>Tundish</i>	F Criollo Mecánico			■						
	Elaboración de un soporte para mantener fija la tubería de calentamiento válvulas	F Criollo Mecánico				■	■				
	Presencia de la llama piloto. Revisión de la cantidad de GLP y oxígeno en la llama de los calentadores	F Criollo Mecánico					■	■			
	Colocación de lana refractaria en las tapas de <i>Tundish</i>	F Criollo Mecánico							■		
	Revisión de Unidad hidráulica (calidad del aceite, filtros, mangueras).	F Criollo Mecánico							■		
Elaboración de un borrador plan de mantenimiento preventivo (Parte Mecánica)	F Criollo Mecánico								■	■	

Figura 61. Cronograma de actividades para revisión de calentadores

Luego del proceso de habilitación de calentadores de *Tundish* y de Cucharas, se realizó una evaluación en conjunto con los usuarios directos en este caso Operadores de Cuchara y Colador 2 de Colada continua.

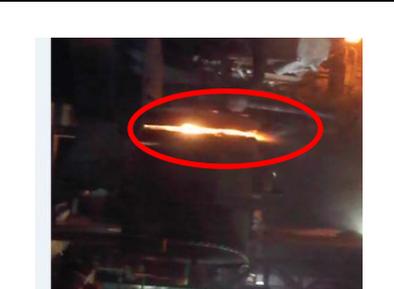
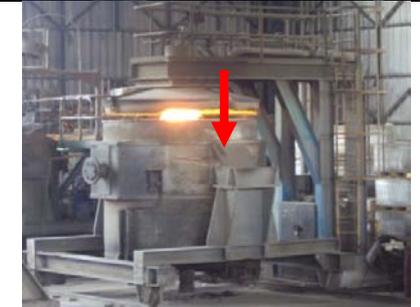
DETALLE	ANTES	DESPUES
Estado de la lana refractaria		
Llama desigualmente distribuida en los calentadores de válvulas		
Regulación llama GLP calentador de Tundish		
Regulación llama de GLP calentador de Cuchara		
Condiciones de los tableros de control		

Figura 62. Evaluación Operatividad de calentadores de Cuchara y Tundish

Garantizada la operatividad de los Calentadores, se designó al Colador 2 responsable de velar por la operatividad de estos equipos y comunicar cualquier fallo o señal de alarma a los mecánicos y/o eléctricos de turno de Colada Continua.

Se hizo hincapié en la necesidad de comunicar algún daño o problema que afecte directamente al proceso calentamiento de cuchara o *Tundish* y se colocó un letrero en el área el cual puede ser observado en el ANEXO 5.

La curva de calentamiento fue provista por el proveedor de refractario quien según los estudios realizados, las propuso considerando el tipo de refractario, el volumen y distribución pre establecida para cada equipamiento. Estas curvas fueron desarrolladas con el “*know how*” propio de esta empresa especialista en refractarios considerando estudios de transferencia de calor; temperatura/tiempo, con el objetivo de eliminar el agua utilizada en la construcción del recipiente, proporcionar la cantidad de calor necesaria para calentar sea la Cuchara o *Tundish* respectivamente y así conseguir que las expansiones por calentamiento del material no afecten estructuralmente al refractario y obtener la operatividad térmica para evitar la formación de grietas y dilataciones entre ladrillos y masas.

En la reunión establecida por el personal de operación de cucharas, se estableció las condiciones de operación en el calentamiento de *Tundish* y de

Cucharas, el fabricante de refractarios recomienda las curvas de calentamiento observadas a continuación.

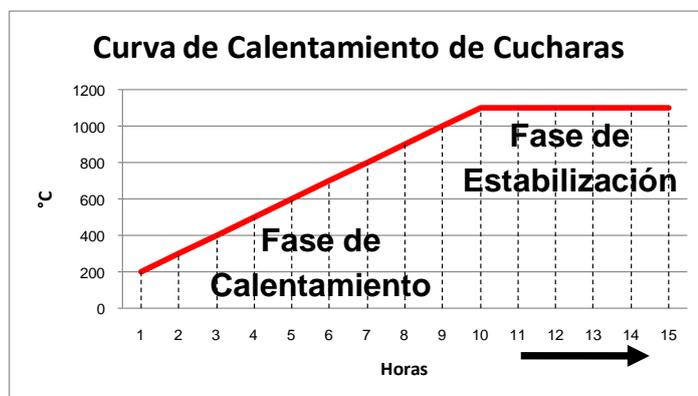


Figura 63. Curva Calentamiento Cucharas

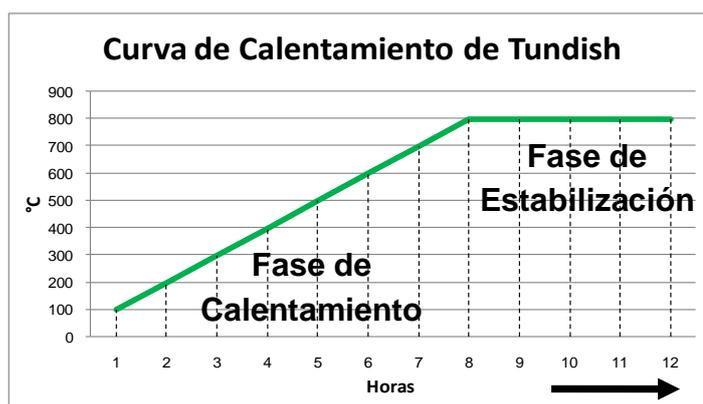


Figura 64. Curva Calentamiento Tundish

Para el cumplimiento de las curvas de calentamiento, se consideró dos fases, la fase calentamiento en la cual se observó un incremento de temperatura paulatinamente hasta llegar a la fase de estabilización donde la temperatura permaneció estable hasta que el recipiente refractario fue utilizado. En este proceso el operador realizó 2 actividades:

- Encender el Calentador y seleccionar **Calentamiento Progresivo**
- Dependiendo del recipiente a calentar, en la hora de cumplimiento de la fase de calentamiento seleccionar: **Mantener Temperatura.**

Cada calentador dispone de una alarma la cual debe estar programada para activarse 10 minutos antes de cumplir el inicio de la fase de estabilización, de esta manera el operador tiene la precaución de realizar este cambio.

El nuevo calentador de Cuchara ya tiene incorporado esta función de forma automatizada, es decir solo se ingresa en el programa la curva de calentamiento pre definida, sin necesidad de que el operador deba seleccionar las opciones manualmente.

Se solicitó a los Coladores 1 – Cabina y Operadores de cuchara llenar el Registro Control de Calentamiento de *Tundish* y el Registro Control de Calentamiento de Cucharas ANEXO 11 respectivamente.

#### **4.4.3.4. Reafirmación de Obligaciones del personal de colada continua**

Se realizó una entrevista con todo el personal de los tres turnos que trabajan en el área de colada continua, se revisó el flujo de trabajo, actividades y responsabilidades de cada uno.

En la reunión con todo el personal involucrado se pudo concluir que cada turno trabaja de forma distinta al otro, además de que ha ingresado personal nuevo y no hay evaluación del proceso de capacitación.

AREA	ACERIA - Colada Continua		Pág. 1/2
RESPONSABLE	PRODUCTO	CLIENTE	NECESIDADES
Refractarios	<i>Tundish</i> revestimiento refractario	Colador 1 Cabina	<i>Tundish</i> , válvulas y refractario según especificación
Eléctrico -Electrónico CC	Calentador de <i>Tundish</i> operativo electrónicamente	Colador 1 Cabina	Realizar un mantenimiento preventivo en el área eléctrico-electrónico al <i>Tundish</i>
Mecánico CC	Calentador de <i>Tundish</i> operativo mecánicamente	Colador 1 Cabina	Realizar mantenimiento preventivo mecánico al calentador de <i>Tundish</i>
Refractarios	<i>Tundish</i> precalentado	Colador 1 Cabina	<i>Tundish</i> sometido a un proceso de precalentamiento
Operador de Cuchara	Cuchara con revestimiento refractario revisado	Hornero 1 HC Colador 1 cabina	Cuchara con válvulas gaveta y refractario revisados
Eléctrico -Electrónico CC	Calentador de Cuchara operativo electrónicamente	Colador 1 Cabina	Realizar mantenimiento preventivo eléctrico-electrónico al calentador de cuchara
Mecánico CC	Calentador de Cuchara operativo mecánicamente	Colador 1 Cabina	Realizar mantenimiento preventivo mecánica al calentador de cuchara
Operador de Cuchara	Cuchara precalentada	Hornero 1 HC Colador 1 cabina	Cuchara sometido a un proceso de precalentamiento
Hornero 1 Horno Cuchara	Cuchara precalentada en Carro Porta Cuchara	Hornero 1 HEA	Cuchara lista para recibir acero líquido sin ajuste
Colador 2	<i>Tundish</i> precalentado en Carro Porta <i>Tundish</i>	Colador 1 Cabina	<i>Tundish</i> listo para recibir acero líquido sin ajuste
Colador 1	°C de temperatura al que debe subir la colada de Acero líquido	Hornero 1 Horno Cuchara	Considerar variables para calcular la temperatura Acero líquido para <i>Tundish</i>
Hornero 1 HC	Colada de Acero Líquido Caliente	Colador 1	Acero líquido entre 1545 a 1560 °C
Hornero 1 HC	Temperatura de Acero Líquido	Colador 1	Lanza de Temperatura Calibrada
Hornero 1 HC	Colada de Acero Líquido lista para ser trasladada a Torreta	Colador 1	Disponibilidad de Gruero de 80t el para traslado de cuchara
Gruero de 80 t	Colada de Acero Líquido lista para ser trasladada a Torreta	Colador 1	Cuchara de fácil accesibilidad
Gruero de 80 t	Colada de Acero Líquido lista para el traslado	Colado 1	Torreta en posición para colocar cuchara
Colador 1	Colada de Acero líquido en cuchara lista para girar	Colador 2	Término de la cuchara antecesora para girar Torreta
Operador de cuchara	Cuchara de acero líquido lista para abrirse	Colador 1	Funcionamiento del sistema de válvula gaveta
Operador de cuchara	Acero líquido en <i>Tundish</i> con nivel estable	Colador 1	Fluidez del proceso de colado por las líneas de colada continua
Colador 2	Acero líquido listo para fluir por líneas	Colador 1	Temperatura controlada de <i>Tundish</i> (en arranque) para facilitar apertura de líneas
Colador 2	Acero líquido fluyendo por líneas de colada continua	Colador 1	Acero libre de escoria a temperatura controlada para evitar perforaciones
Eléctrico -Electrónico CC	Lanza lista para toma de temperatura	Colador 1 Cabina	Verificar la lanza de temperatura
Operador de cuchara	Acero líquido listo para verificar temperatura	Colador 1	Tiempo de toma de temperatura 10 min, Lanza toma de temperatura verificada

Figura 65. Reafirmación de Obligaciones del personal de Colada Continua

Luego de la reunión establecida, todas las partes involucradas de cada turno reconocieron sus responsabilidades, traducidas en un producto (servicio) con las necesidades requeridas por cada uno de los clientes internos. La idea es que el mismo equipo que elaboró el flujo de trabajo se empodere y asuma el cumplimiento de las actividades, más que por obligación sea parte de su cultura de trabajo.

El flujo de trabajo está comprendido desde la solicitud del Colador 1, hasta la salida del producto, con actividades de apoyo en el calentamiento de Cucharas y de *Tundish*.

*Figura 66.* Flujograma del Proceso – Reafirmación obligaciones personal

En resumen de las actividades en el proceso de Calentamiento de Acero Líquido considerando a ocho cargos involucrados directamente en el mismo, estableciendo las responsabilidades implícitas.

Tabla 36. Responsabilidades proceso de calentamiento de Acero Líquido.

<b>PROCESO DE CALENTAMIENTO DE ACERO LÍQUIDO</b>	
<b>CARGO</b>	<b>RESPONSABILIDAD</b>
<b>REFRACTARISTA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Armado de <i>Tundish</i></li> <li>- Revestir <i>Tundish</i> refractario</li> <li>- Colocar el <i>Tundish</i> en el Calentador</li> </ul>
<b>OPERADOR DE CUCHARA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Armado de cucharas</li> <li>- Revisar revestimiento Refractario de Cuchara</li> <li>- Colocar Cuchara en Calentador</li> <li>- Abrir Cuchara</li> <li>- Llenar acero en <i>Tundish</i> hasta alcanzar nivel</li> <li>- Tomar temperatura de Acero líquido</li> </ul>
<b>HORNERO 1 - HC HORNO CUCHARA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Colocar Cuchara en carro porta cuchara</li> <li>- Ajuste de Composición Química</li> <li>- Dar arco eléctrico hasta alcanzar temperatura</li> <li>- Tomar muestra de temperatura de Colada en HC</li> <li>- Solicitar a Gruero de 80t el traslado de cuchara</li> </ul>
<b>COLADOR 1 COLADA CONTINUA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Calcular la temperatura de Acero líquido para <i>Tundish</i> y comunicar</li> <li>- Girar torreta</li> <li>- Continuar colando acero líquido por líneas</li> </ul>
<b>COLADOR 2 COLADA CONTINUA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Colocar el <i>Tundish</i> en Carro porta <i>Tundish</i></li> <li>- Abrir válvulas de <i>Tundish</i> con oxígeno</li> <li>- Colar acero líquido por líneas</li> </ul>
<b>GRUERO 80t</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trasladar Acero líquido (colada) afinado a Colada Continua</li> <li>- Posicionar cuchara en torreta</li> </ul>
<b>ELECTRICO ELECTRONICO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar Mant Preventivo Eléctrico - Calentador de Cuchara</li> <li>- Realizar Mant Preventivo Eléctrico - Calentador de <i>Tundish</i></li> <li>- Verificar lanzas de temperatura</li> </ul>
<b>MECANICO CC</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar Mant Preventivo Mecánico - Calentador de Cuchara</li> <li>- Realizar Mant Preventivo Mecánico - Calentador de <i>Tundish</i></li> </ul>

En coordinación del personal de Recursos Humanos, se actualizó las actividades que debe ejecutar el personal involucrado en el proceso de calentamiento de acero líquido, se entregó a cada mencionado la Descripción de Funciones, según el ANEXO 12.

El personal se comprometió a cumplir cada una de las actividades especificadas, se realizó un seguimiento del desempeño, durante 15 días y se solicitó a los jefes de cada turno realizar una Evaluación del Desempeño.

CARGO	NOMBRE	TURNO	Desempeño		
			Individual	Equipo	Promedio
REFRACTARISTA	D. Criollo	A	9	10	9,5
	J. Alcásiga	B	8	9	8,5
	L. Champutix	C	9	9	9,0
OPERADOR DE CUCHARA	A Cabrera	A	10	8	9,0
	W Vinuesa	A	10	9	9,5
	D. Uvillus	B	9	10	9,5
	V. Heredia	B	10	10	10
	D. Alarcón	C	9	9	9,0
	J. Plancencio	C	9	7	8,0
HORNERO 1 - HC HORNO CUCHARA	K. Pillajo	A	9	9	9
	L. Chasi	B	9	8	8,5
	F. Venegas	C	10	10	10,0
COLADOR 1 COLADA CONTINUA	F. Barros	A	10	9	9,5
	P. Tipán	B	10	10	10,0
	J. Toaquiza	C	9	9	9,0
COLADOR 2 COLADA CONTINUA	W. Siza	A	9	8	8,5
	J. Mosquera	B	8	8	8,0
	J. Valencia	C	9	9	9,0
GRUERO 80t	R. Cola	A	10	9	9,5
	H. Pilaguano	B	10	10	10,0
	F. Pachacama	C	9	10	9,5
ELECTRICO ELECTRONICO - CC	I.Jami	A	9	9	9,0
	E. Tacuri	B	9	9	9,0
	R. Angulo	C	8	9	8,5
MECANICO CC	H. Caiza	A	10	9	9,5
	A. Salabarria	B	9	8	8,5
	R. Grijalva	C	9	8	8,5

Figura 67. Evaluación de cumplimiento de desempeño

Considerando una calificación de 1 al 10, siendo 1 un desempeño pobre y siendo 10 un excelente desempeño, los criterios de calificación implicaron el cumplimiento de actividades de forma individual y como parte de un equipo de trabajo.

Siendo satisfactorio y aceptable el nivel de cumplimiento promedio, se estableció continuar trabajando en fomentar una cultura de trabajo que permitió mejorar el proceso de calentamiento de acero líquido para la colada continua. En el acta de reuniones se documentó paso a paso el seguimiento de cada una de estas actividades.

#### **4.4.3.5. Adquisición de un nuevo calentador de cuchara**

Entre una de las necesidades latentes que exige el proceso de calentamiento de acero líquido es la existencia de un calentador adicional que de la holgura a las cucharas para el cumplimiento de la curva de calentamiento para las Cucharas.

##### **4.4.3.5.1. Identificación de la necesidad**

Una vez concientizada la necesidad de la adquisición de un nuevo calentador se procedió al cumplimiento del P-A-AD-01 Procedimiento de Adquisiciones en área de Acería.

##### **4.4.3.5.2. Responsabilidades**

Una vez concientizada la necesidad de la adquisición de un nuevo calentador se procedió al cumplimiento del P-A-AD-01 Procedimiento de Adquisiciones en área de Acería.

#### **4.4.3.5.3. Requerimientos**

Los Jefes departamentales elaboran la solicitud de compra de materiales, repuestos y servicios que no dispongan de niveles de inventario preestablecidos en el sistema BAAN o cuando se trata de productos nuevos, para ello utilizan el formato F-C-04 "Solicitud Interna de Compras". Las autorizaciones para la compra de materiales, repuestos y servicios superiores a 20.000 deben ser autorizados por Presidente(s) Ejecutivo(s) y Director Técnico.

#### **4.4.3.5.4. Definición de Especificaciones Técnicas**

Se reunió el equipo de trabajo conformado por el Director Técnico, Gerente de Mantenimiento, Jefe de Producción, Jefe de Refractarios y Líder del Proyecto de Ruta de la Calidad, para basados en conocimientos técnicos, necesidad productiva de la planta, tipo de tecnología, el espacio funcional; establecer los criterios de compra. Luego de una lluvia de ideas se llegó al siguiente consenso:

El calentador de cuchara que se adquirió tiene dos funciones: Calentador-secador de cucharas tipo vertical automatizado. Fue importante determinar las características de las cucharas que van a calentar esta definición aplica para la solicitud de todas las cotizaciones.

Tabla 37. Características del Calentador a ser adquirido

<b>CALENTADOR A SER ADQUIRIDO</b>	
<b>CONDICION</b>	<b>CARACTERISTICA</b>
Tipo de Calentador	Vertical
Dimensión cuchara (exterior)	∅ 3000 mm
Capacidad de Cuchara	35 t
Peso revestimiento	25 t
Diámetro tapa de cuchara	∅ 2.800 mm

Se va a solicitar los criterios para evaluación a proveedores:

### **Especificaciones Técnicas**

Tipo de aislamiento	Capacidad del quemador
Gas combustible	Temperatura calentamiento
Tiempo de Calentamiento	Sistema de control de la relación
Material	Sistema de regulación temperatura
Memoria Programable	
Modo medición temperatura	
Encendido	
Equipo de seguridad	
Datos Hidráulicos	
Datos Mecánicos	
Datos Eléctricos	
Peso total	
Entrega Documentación	
Costos puesta en marcha	

### **Condiciones Comerciales**

(Incoterm)

Costos de Importación

Costos puesta en marcha

Garantía

Plazo de entrega (5 meses)

Condiciones de pago

Precio

Servicio Pos venta (Asistencia Técnica)

### **Ofertas Adicionales**

Diseños propios o patentados de cada proveedor

Beneficios adicionales

Luego de la respectiva convocatoria se presentaron 3 empresas interesadas en participar del proceso de selección.

Después de la presentación de estas propuestas se reunió el Director Técnico, Gerente de Mantenimiento, Jefe de Producción, Jefe de Refractarios y Líder del Proyecto de Ruta de la Calidad y se realizó el análisis de las mismas, dando prioridad a cumplir la especificación básica sin exceder la capacidad actual del proceso, es decir no realizó una compra sobredimensionada del equipo, considerando el factor económico, siendo la Opción 2 la más idónea.

Tabla 38. Especificaciones Técnicas de Calentador

<b>ESPECIFICACIONES TECNICAS</b>			
<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>PROVEEDOR 1</b>	<b>PROVEEDOR 2</b>	<b>PROVEEDOR 3</b>
Tipo de aislamiento	Fibra Cerámica	Fibra dispuestos verticalmente	Fibra Cerámica
Capacidad del quemador	1.500 kW	1.500 kW	1.700 kW
Gas usado	GLP	GLP	GN/GLP
Temperatura calentamiento	Max 1200°C	Max 1200°C	Max 1500°C
Tiempo de Calentamiento	20°C - 1.100°C en 4 horas	20°C - 1.200°C en 4 horas	20°C - 1.500°C en 4 horas
Sistema Regulación de Temperatura	Temperatura Controlada por PLC	Temperatura Programable por Controlador	Temperatura Programable por Controlador
Sistema de control de la relación	N/A	Incorporado Aire/gas	incorporado GN
Memoria Programable	50 curvas	20 curvas	50 curvas
Modo medición temperatura	Termopar PtRh	Termocupla	Termocupla
Encendido	Automático	Automático	Automático
Equipo de seguridad	Dos válvulas de gas principales	Válvulas de gas principal	N/A
Datos Hidráulicos	p = 160 bar , Q = 25 l/ min n = 1.500 rpm	p = 160 bar , Q = 21 l/ min n = 1.800 rpm	p = 180 bar , Q = 20 l/ min n = 2.000 rpm
Datos Eléctricos	440 V, 60 Hz	440 V, 60 Hz	440 V, 60 Hz
Peso total	750 kg	700 kg	800 kg
Estructura de Material	Acero Inoxidable	Acero Inoxidable	Acero Inoxidable
Entrega Documentación	-Manual ENG, ESP - Ingeniería Básica -Diagrama circuito -Diagrama Neumático	-Manual ENG, ESP, ITA - Ingeniería Básica -Diagrama circuito -Diagrama Neumático -Piezas de repuesto	-Manual ITA - Ingeniería Básica -Diagrama circuito -Piezas de repuesto
Costos puesta en marcha	-Honorarios Ingeniero-	- Alojamiento	-Pasajes aéreos
Garantía	1 año	2 años	1 año
Adicionales -Diseño	Cierre Hermético de Cuchara/Tapa Suspendida	-	-
Adicionales-Indicador fallas	-	Indicador de fallas: deficiencia de gas, aire,etc	
Adicionales-Transformador			Transformador de encendido
Economía de Gas			Piezas equipadas con contra bridas

Tabla 39. Especificaciones Comerciales de Calentador

<b>ESPECIFICACIONES TECNICAS</b>			
<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>PROVEEDOR 1</b>	<b>PROVEEDOR 2</b>	<b>PROVEEDOR 3</b>
Condición de Entrega (Incoterm)	FCA	FCA	EXW
Costos Importación	5,000	4,000	3,000
Plazo de entrega	2 mes	1 mes	1 meses
Condiciones de Pago	50% Orden Compra 50% Entrega Pedido	20% Pedido 30% Antes Envío 50% Entrega Pedido	50% Orden Compra 50% Entrega Pedido
Precio	\$120,000	\$80,000	\$100,000
Garantía	1 año	1 año	1 año
Servicio Post Venta (Asistencia Técnica)	Si	Si	Si
Origen	Alemania	Italia	Brasil

#### 4.4.3.5.5. Colocación de la Orden de Compra

Una vez seleccionada la opción de compra, El Jefe de Adquisiciones se reunió con el Gerente de Mantenimiento para confirmar las especificaciones técnicas a fin de garantizar que la compra cumpla con los requerimientos del solicitante.

En este caso al ser un proveedor nuevo, se realizó el proceso de calificación del Proveedor es decir se recopiló toda la información referente a razón social, datos de domicilio y constitución de la empresa, tipos de certificaciones de calidad, datos bancarios para el proceso de pago.

#### **ÓRDENES DE COMPRA DE IMPORTACIÓN**

Al ser un proveedor externo, la colocación de la Orden de Compra de Importación se lo realizó a través de un Memo DTA-Numerado siendo

aprobado tanto por el Director Técnico, Gerente de Acería y el Presidente Ejecutivo, a este memo se adjuntó la especificación técnica requerida, las 3 cotizaciones recibidas y oferta elegida, con un borrador del contrato del Proveedor.

Cuando se contó con la aprobación del Presidente ejecutivo, se envió el contrato al Departamento Legal a la vez que el Jefe de Adquisiciones envió la O/Compra al Jefe de Importaciones, quien se encargó de realizar todos los trámites de importación hasta que el equipo llegue a Bodega.

#### **4.4.3.5.6. Recepción del Equipo**

Durante cada semana, se realizó con el área de importación el seguimiento del estatus de la Orden de Compra. Por trámites de aduana este presentó una demora de 4 días adicionales por ser favorecido con aforo físico.

Una vez el equipo en planta el área de Bodega Acería fue el responsable de la recepción de Materiales y repuestos según el procedimiento P-A-CB-02 Gestión y Administración de Bodega-Acería.

Una vez confirmado con el *Packing List* la llegada del equipo completo se comunicó al proveedor para coordinar la llegada del técnico que realizó las instalaciones y la puesta en marcha del equipo, con la respectiva capacitación al personal, tanto de mantenimiento como de producción.



*Figura 68.* Llegada del Calentador Nuevo

#### **4.4.3.5.7. Puesta en marcha del Equipo**

Con la llegada del Equipo técnico de la empresa proveedora, se inició el armado de las partes que componen el Calentador de Cuchara, además de la instalación de los tableros de control con el apoyo del Responsable Eléctrico Electrónico de Acería ADELCA; de esa forma se pretendió que el personal involucre poco a poco con el funcionamiento del equipo.

Terminado la instalación se arrancó con las pruebas piloto con la cuchara de reserva, durante 3 días en los cuales el técnico verificó el comportamiento del equipo.

La unidad fue utilizada para secar cucharas de vertical. El operador debe elegir el número de programa, pues tiene la opción de modificar la temperatura final. Las funciones proceden de forma automática al pulsar el botón de Quemador.



*Figura 69.* Calentador de Cuchara nuevo Instalado

Después de un inicio de pre-ventilación se libera por el dispositivo de control del quemador y la llama encendido de alta tensión directamente - sin contacto de forma manual, sin quemador de encendido. La cuchara se debe secar de acuerdo con el programa de calentamiento seleccionado, no es necesario ningún ajuste manual, la temperatura final se mantiene hasta que la cuchara sea utilizada.



*Figura 70.* Calentador Nuevo en proceso de prueba

El Responsable de mantenimiento Eléctrico del Proyecto de Mejora, en conjunto con el Técnico elaboraron el procedimiento de Operatividad del

Equipo el cual debe ser utilizado por el operador de cuchara según ANEXO 13: Procedimiento de Encendido de Calentador Vertical de Cuchara.

Luego de la confirmación de Operatividad del Calentador de Cuchara, este ingresa a formar parte de los Equipos utilizados en la planta de Acería, siendo un elemento más que facilitación el calentamiento de Cucharas antes de ingresar al circuito de producción.

#### **4.4.3.6. Inhibidor de Turbulencia para homogenización de temperatura en *Tundish***

La idea general del inhibidor de turbulencia fue homogenizar la temperatura en el *Tundish*, mediante la elaboración de un recipiente en el interior del *Tundish* el cual ayudó a “amortiguar” la temperatura del chorro de acero líquido de manera que sirvió para contenerlo por unos instantes y distribuirlo a lo largo de las tres líneas, evitando que caída directamente hacia la línea 2 donde esta direccionada la abertura de cuchara.

##### **4.4.3.6.1. Diseño de Inhibidor de Turbulencia**

Se organizó una reunión con los asesores del proceso de mejora continua: Jefatura de Refractarios, Jefe de Producción, además Jefe de Calidad, y personal de Colada Continua para establecer las condiciones que debe tener el inhibidor turbulencia, el cual va a ser elaborado en ADELCA; por el propio personal de refractarios.

Se consideró el plano de diseño de *Tundish* tanto de vista lateral como frontal, la idea fue elaborar una caja de ladrillo refractario dentro del *Tundish* o repartidor ubicada en la zona de impacto, siendo esta área el lugar donde cae directamente el chorro de acero líquido.

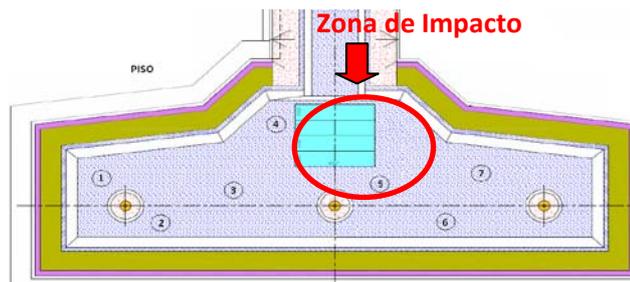


Figura 71. *Tundish* Vista Superior, localizada zona de impacto

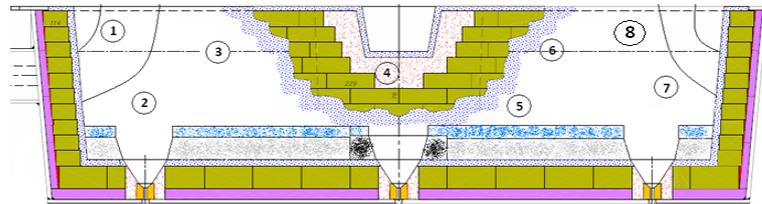


Figura 72. *Tundish* Vista lateral, localizada zona de impacto

Se buscó reducir velocidades del flujo e impedir la formación de remolinos, para tener homogeneidad de la temperatura del acero en el distribuidor.

#### 4.4.3.6.1.1. Criterios para dimensionar el Inhibidor de Turbulencia

1. Para comprobar el área de zona de impacto, se colocó el *Tundish* frío en carro porta *Tundish* bajo una cuchara, simulando la posición en producción, para ello se utilizó una cadena de metal de referencia para centralizar la dirección del flujo de acero, considerando el orificio central de la placa inferior de la válvula gaveta. La longitud de la cadena alcanzó el fondo del distribuidor.
2. Montar la caja de inhibición con los ladrillos refractario en frío, de modo que esté centrado con respecto a la dirección del flujo de acero (considerando la referencia final la cadena con el tamaño normal de la apertura de Válvula Gaveta).
3. Comprobar el chorro de acero (final de la cadena) a una apertura mínima y máxima de la válvula gaveta, la caja refractaria debió permanecer en el centro, simulando para que el flujo de acero no caiga en el borde de la caja.
4. Definir las medidas de la caja refractaria o inhibidor de turbulencia, 45x30cm por 20cm de altura
5. Señalar sobre el revestimiento refractario del *Tundish* la ubicación del inhibidor, para asegurar la colocación centrada de la pieza con respecto a la dirección del flujo.

Se consideró parámetros de pre-calentamiento de un *Tundish* normal de trabajo en su rutina establecida.

El esquema de montaje a continuación:

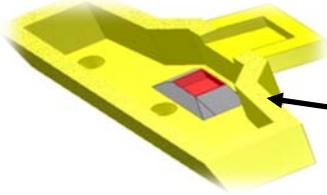
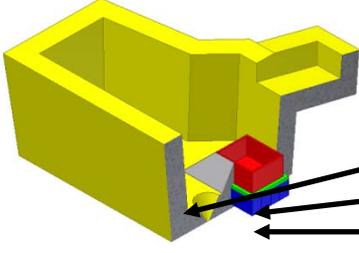
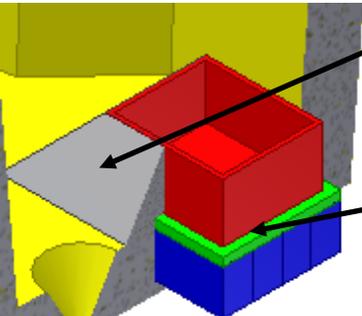
AREA	CARACTERISTICAS
 <p style="text-align: right;"><b>Zona de Impacto</b></p>	<p>El Inhibidor de turbulencia debe ser colocado en la zona de impacto</p>
 <p style="text-align: right;"><b>Stampmag</b> <b>Caja de Ladrillo Refractario</b> <b>Masa de Sujeción</b> <b>Ladrillo de Impacto</b></p>	<p>El inhibidor de turbulencia debe ser elaborado con los siguientes materiales:</p>
	<p>Colocar masa alrededor del inhibidor para darle mayor resistencia y durabilidad, para evitar desgaste en las paredes y especialmente en la zona de impacto.</p> <p>La masa de sujeción estará compuesta por una capa de Jetmag (3cm), igualando la masa para compensar irregularidades y proporcionar un buen apoyo a los ladrillos.</p> <p>Asegurar la masa la formación de un "Cordón"</p>

Figura 73. Esquema de Fabricación con el Inhibidor de Turbulencia

#### 4.4.3.6.2. Construcción del Inhibidor de Turbulencia

Para la construcción del *Tundish* de prueba con el inhibidor de turbulencia, se confeccionó uno con las mismas características a los estándares de trabajo.

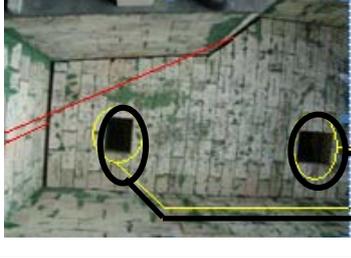
ACTIVIDAD	CARACTERISTICAS
	<p>Se inicia el armado del <i>Tundish</i> con ladrillo refractario de acuerdo al procedimiento establecido, considerando el espacio correspondiente para la colocación de las válvulas</p>
	<p>Recubrimiento de <i>Tundish</i> con masa refractaria de acuerdo al procedimiento establecido, cuidando el área de colocación de las válvulas</p>
	<p>Recubrimiento del <i>Tundish</i> con masa refractaria según procedimiento establecido. Para esta actividad se utiliza la maquina proyectora de masa</p>
	<p>Sobre el revestimiento refractario señalado se empieza armar la estructura de la caja refractaria o inhibidor de turbulencia</p>
	<p>Sobre el <i>Tundish</i> terminado, se procede a armar con ladrillo refractario el Inhibidor de acuerdo a las consideraciones establecidas 45x30cm por 20cm de altura con la masa de sujeción en la base</p>
	<p>Se coloca en el contorno del inhibidor de turbulencia masa refractaria</p>

Figura 74. Fabricación de *Tundish* con el Inhibidor de Turbulencia

A continuación se detallan los materiales utilizados en el armado del *Tundish*, considerando el procedimiento establecido.

Tabla 40. Materiales utilizados en armado de *Tundish*

<b>MATERIALES PARA ARMADO DE TUNDISH</b>					
<b>ITEM</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>FORMAT O</b>	<b>CANT</b>	<b>PESO (UN)</b>	<b>PESO (TOTAL)</b>
1	ALUKOR 70-240x116x78	Ladrillo	557	7	3899
2	SIAL 230x120x42	Ladrillo	395	3	1185
3	GRAFIMAG RX 450x222x120	Ladrillo	7	25	425
4	GRAFIMAG 25x40	Ladrillo	9	10	90
5	SEDEKOR VT AT VC 264	Ladrillo	7	15	105
6	ARKOR 90 VG	Kg	180	1	180
7	STAMPMAG	Kg	220	1	220
8	JETMAG	Kg	420	1	420
<b>PESO TOTAL TUNDISH (kg)</b>					<b>6524</b>

Este es el costo que implicó la elaboración de todos los *Tundish* que se utilizaron en la planta de acería, los cuales tuvieron una duración promedio de 34 coladas, se detalló el material empleado según se estableció en los procedimientos. El costo de elaboración de un *Tundish*, según estadísticas y datos del departamento de refractarios fue de 9,890 dólares.

Se consideró los materiales utilizados en la elaboración de esta caja refractaria o inhibidor de turbulencia

Tabla 41. Materiales utilizados en el Inhibidor de Turbulencia (Cantidad)

<b>MATERIALES PARA INHIBIDOR DE TURBULENCIA</b>					
<b>ITEM</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>FORMAT O</b>	<b>CANT</b>	<b>PESO (UN)</b>	<b>PESO (TOTAL)</b>
1	GRAFIMAG 13RX 457x152x100	Ladrillo	3	25	75
2	GMAG 250X150X100	Ladrillo	3	10	30
3	GMAG 330X150-120X80	Ladrillo	9	15	135
4	CONCREAL 75	kg	80	1	80
5	STAMPMAG HX	kg	20	1	20
<b>PESO INHIBIDOR (kg)</b>					<b>340</b>

Se costeó el material utilizado en la fabricación del inhibidor de Turbulencia.

Tabla 42. Materiales utilizados en armado del Inhibidor de Turbulencia (Costo)

<b>MATERIALES UTILIZADOS EN EL ARMADO DEL INHIBIDOR TURBULENCIA (COSTOS)</b>				
<b>ITEM</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>CANT</b>	<b>PESO (UN)</b>	<b>PESO (TOTAL)</b>
1	GRAFIMAG 13RX 457x152x100	3	30,00	90
2	GMAG 250X150X100	3	35,00	105
3	GMAG 330X150-120X80	9	10,00	90
4	CONCREAL 75	80	5,00	400
5	STAMPMAG HX	20	5,00	100
<b>COSTO MATERIAL UTILIZADO (\$)</b>				<b>785</b>

Al realizar una comparación entre un *Tundish* normal y el *Tundish* con el inhibidor de turbulencia se pudo observar que hay un incremento de 340 kg en peso y 785 dólares por *Tundish*.

Tabla 43. *Tundish* normal vs *Tundish* con Inhibidor de Turbulencia

<b>DESCRIPCION</b>	<b>Kg</b>	<b>\$</b>	<b>\$/kg</b>
<i>Tundish</i>	6524	9890	1,52
Inhibidor Turbulencia	340	785	2,31
<b>TOTAL</b>	<b>6864</b>	<b>10675</b>	

#### 4.4.3.6.3. Resultados Obtenidos con el Inhibidor de turbulencia

Se recolectó los datos de un día completo de operación del *Tundish* con el inhibidor de turbulencia, se utiliza el formato de recolección de datos general para evaluar la temperatura de acero líquido en el *Tundish*, adicional

se incorporó la columna de Temperatura del *Tundish* (en la zona de impacto). La información recopilada es:

*Figura 75.* Recolección de datos en prueba de inhibidor de Turbulencia

Pasaron 28 coladas por el *Tundish*, por la elevada temperatura de la zona de impacto se decidió proceder al cambio para no poner en riesgo al personal y al proceso por la posibilidad de ocasionarse una perforación del *Tundish*.

La temperatura máxima permitida para proceder a un cambio de *Tundish* es del 330°C en este caso bajo con el control de todos los involucrados se autorizó llegar hasta 339°C medida en la zona de impacto. Como se puede observar en la curva de desempeño mostrada a continuación:

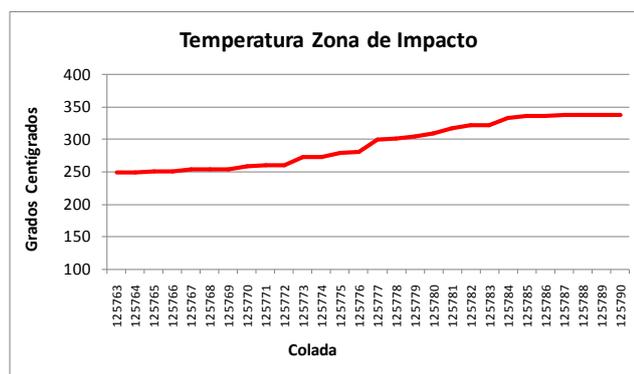


Figura 76. Temperatura zona de impacto *Tundish* prueba inhibidor turbulencia

Al construir el inhibidor se redujo la capacidad volumétrica del *Tundish*. El material refractario con el que estaba elaborado el inhibidor de turbulencia tuvo un mayor desgaste, pues todo el acero líquido tuvo un contacto directo con esta caja, aumentó el tiempo de residencia, consumiéndolo más rápido y transmitiendo directamente la temperatura a la zona de impacto la cual da la pauta para el cambio de *Tundish*, por esta razón al ver un incremento paulatino de la temperatura y sobrepasar los parámetros de seguridad permitidos se procedió al cambio con tan solo 28 coladas.

Se puede concluir que las coladas que pasaron por el inhibidor de turbulencia presentaron una temperatura dentro de los rangos establecidos, sin presentar mayor variación al trabajar sin esta caja refractaria.

INHIBIDOR DE TURBULENCIA	
RESULTADO	COMENTARIO
	<i>Tundish</i> colocado en la Playa de enfriamiento luego de terminar su vida útil con 28 colada
	Se puede observar: Residuo del Inhibidor de Turbulencia.  Zona de impacto completamente desgastada.
	El resto del material refractario del <i>Tundish</i> no presenta mayor desgaste al normal

Figura 77. Resultados obtenidos con el inhibidor de Turbulencia

Como ventaja se observó que se redujo la salpicadura del acero líquido, al tener una caja refractaria que reduce el impacto pues se mantiene un nivel de acero dentro del *Tundish*.

Al usar más material y reducir la vida útil del *Tundish* se incrementó el costo de una corrida por este recipiente, ocasionando un costo adicional entre 90,37 dólares por colada.

Tabla 44. Comparación de incremento de costos Inhibidor de Turbulencia

Descripción	Peso (kg)	N° Coladas	Costo	\$/ Colada
<i>Tundish</i> Normal	6524	34	9890	290,88
<i>Tundish</i> con Inhibidor	6864	28	10675	381,25
<b>Incremento</b>	<b>340</b>	<b>-6</b>	<b>785</b>	<b>90,37</b>

La Dirección Técnica al ver los resultados obtenidos, sabiendo que este recipiente no influenció en la estabilización de la temperatura de acero líquido en la colada, al reducir la vida útil del refractario de la zona de impacto ocasionado el cambio del *Tundish* con tan solo 28 coladas, generando un impacto económico al incrementar el costo, solicitó al equipo de trabajo no realizar más pruebas referente al punto de diseño de un Inhibidor de turbulencia y dejó como propuesta colocarlo como futuros proyectos de diseño o mejora para luego ser aplicados como parte del proceso de estabilización.

#### 4.4.3.7. Elaborar Plan de mantenimiento preventivo de Equipos de Calentamiento

El área de Acería se encuentra distribuida por áreas de trabajo Horno Eléctrico, Horno Cuchara y Colada Continua, cada uno con sus respectivos

jefes de área, los calentadores al ser equipos de trabajo compartidos, han sido reparados por todos, pero al mismo tiempo no hay un responsable directo de los mismos, motivo por el cual no están incluidos en los planes de mantenimiento preventivo.

Al ser comunicado esta problemática el Gerente de mantenimiento solicita una reunión con todos los Jefes de área, así como los Jefes de Producción, Jefe de Calidad y Jefe de Refractarios. En la reunión establecida se designó como único responsable del mantenimiento correctivo y preventivo al Jefe de Colada Continua, quien mediante su equipo de trabajo debe distribuir el mantenimiento eléctrico-electrónico y mecánico de los calentadores de Cuchara y de *Tundish* entre otras actividades.

El jefe del área en conjunto con los mecánicos y eléctricos-electrónicos elaboraron un *Check list* de mantenimiento preventivo para los calentadores de Cuchara como se puede observar en el ANEXO 14, y para los calentadores de *Tundish* según ANEXO 15.

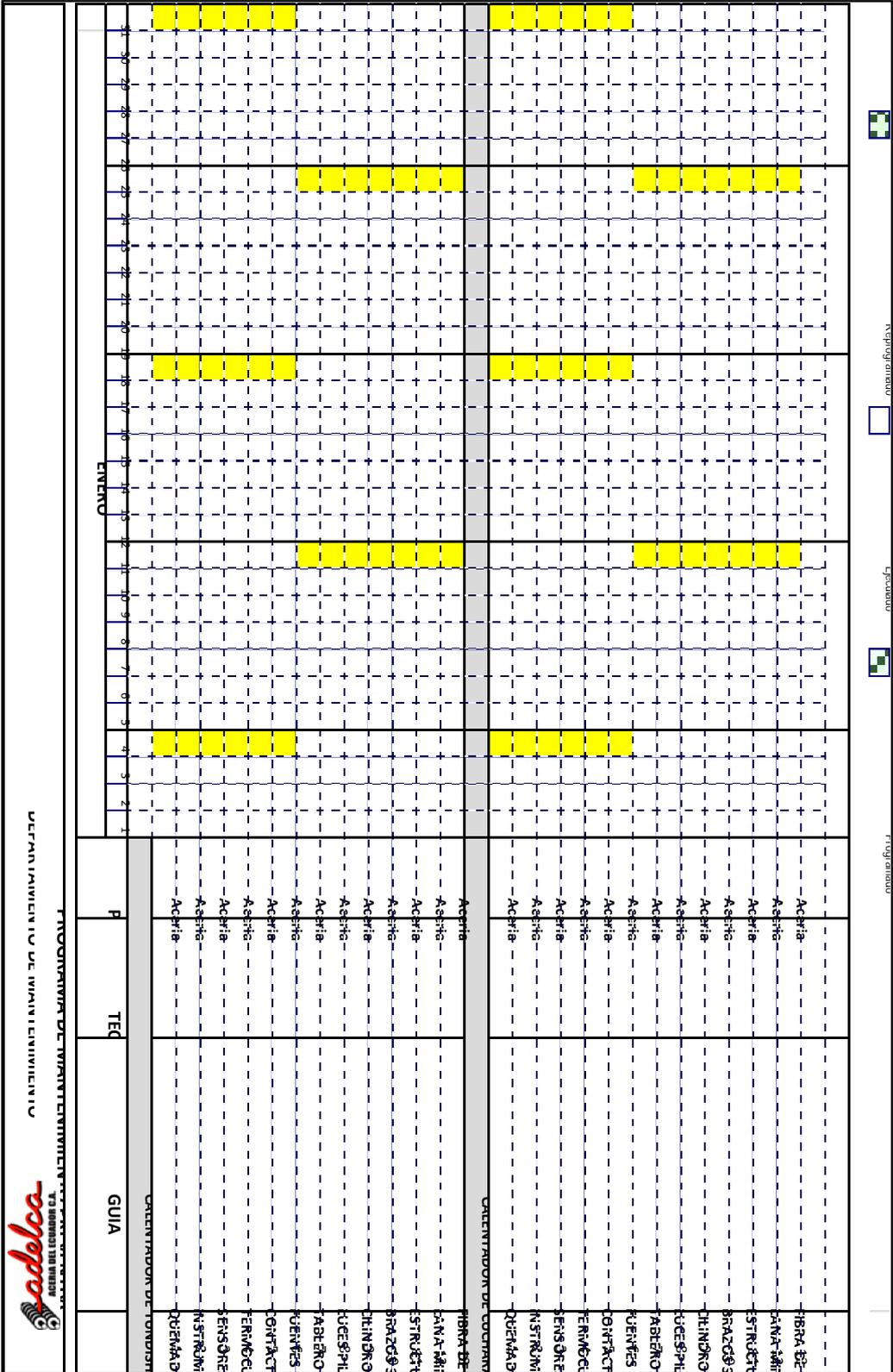


Figura 78. Programa mantenimiento preventivo mensual Equipos Calentamiento

<b>GUIA DE EJECUCION</b> <b>ACERIA</b>		GUIA No. 0400-1 Hoja 1 de 1		<b>FRECUENCIA</b> Semanal																		
		<b>EQUIPO:</b> Calentador de cuchara <b>PARTE:</b> Dispositivos de control		<b>EDO. DEL EQUIPO</b> PARADO	<b>PERSONAL</b> 1 ELECTRONICO	<b>FECHA PROGR.</b>	<b>FECHA EJEC.</b>															
DESCRIPCION DE EQUIPO					ACTIVIDADES																	
					Letrero de advertencia	Limpieza Externa	Limpieza interna	Apriete dispositivo	Apriete conexiones	Ajuste de detección	Rev. Tuberías eléctrica	Revizar operación	Revizar botones	Revizar focos piloto	Sopletear con aire	Probar equipo						
Item	Cant.	Unid.	Dispositivo	Descripción																		
<b>Quemador</b>																						
1	1	pza	Termocupla	Detecc. Temperatura		X		X	X	X	X	X							X	X		
2	1	pza	Cables	Control		X	X	X	X		X	X							X			
3	1	pza	Caja de conexiones	Borneras		X	X		X		X								X			
OBSERVACIONES																						
<b>Tablero electrico</b>																						
1	16	pza	Contactores	Control		X	X	X	X	X	X	X							X	X		
OBSERVACIONES																						
<b>Instrumentacion</b>																						
1	2	pza	Sensores inductivos	Posicion alta		X		X		X	X	X							X	X		
2	2	pza	Sensores inductivos	Posicion baja		X		X		X	X	X							X			
3	1	pza	Limite de carrera	Pres. palanq. en cadena		X		X		X	X	X							X			
4	2	pza	Electrovalvula hydr.	Mandos bajar-subir		X		X	X		X	X						X	X			
5	4	pza	Caja de conexiones	Borneras		X	X		X		X								X			
OBSERVACIONES																						
<b>Equipos mecánicos</b>																						
1	1	pza	Cilindro hidraulico	Subir -bajar tapa		X		X	X	X	X	X							X			
2	1	pza	Levas	Movimiento		X		X	X		X	X							X			
3	1	pza	Brazos	Soportes		X		X	X	X	X	X							X			
OBSERVACIONES																						
_____ NOMBRE ENCARGADO DE LA GUIA											_____ NOMBRE JEFE DE DEPARTAMENTO											

Figura 79. Guía Ejecución actividades Mantenimiento Preventivo

Estos formatos deben ser llenados diariamente por el personal de mantenimiento y forma parte de la rutina de trabajo al igual que la revisión de los otros equipamientos. Este *Check list*, permite detectar síntomas de daños que se presentaran en los Calentadores, complementados con el *Programa de Trabajo mensual*; adicionalmente se elaboró una Guía de Ejecución de Trabajo.

Con estas actividades se busca normar las actividades de mantenimiento preventivo de los Equipos de calentamiento, lo cuales se van a incorporar al procedimiento de Mantenimiento General establecido para la planta de acería.

#### **4.4.4. Recolectar datos generados durante la ejecución**

A lo largo de la ejecución de cada una de los puntos propuestos para estabilizar el proceso de calentamiento de acero líquido, se realizó pruebas que han permitido conocer la eficacia de cada una de estas acciones tomadas.

Se consideró la recopilación de los datos de todas las coladas generadas en el mes de septiembre, es decir 772 muestras (coladas) según consta en el ANEXO 16.

#### 4.5. Verificar los resultados

De los datos recopilados se verificó los resultados obtenidos, mediante la realización de gráficas que permitieron visualizar de mejor manera el desempeño de las actividades implementadas

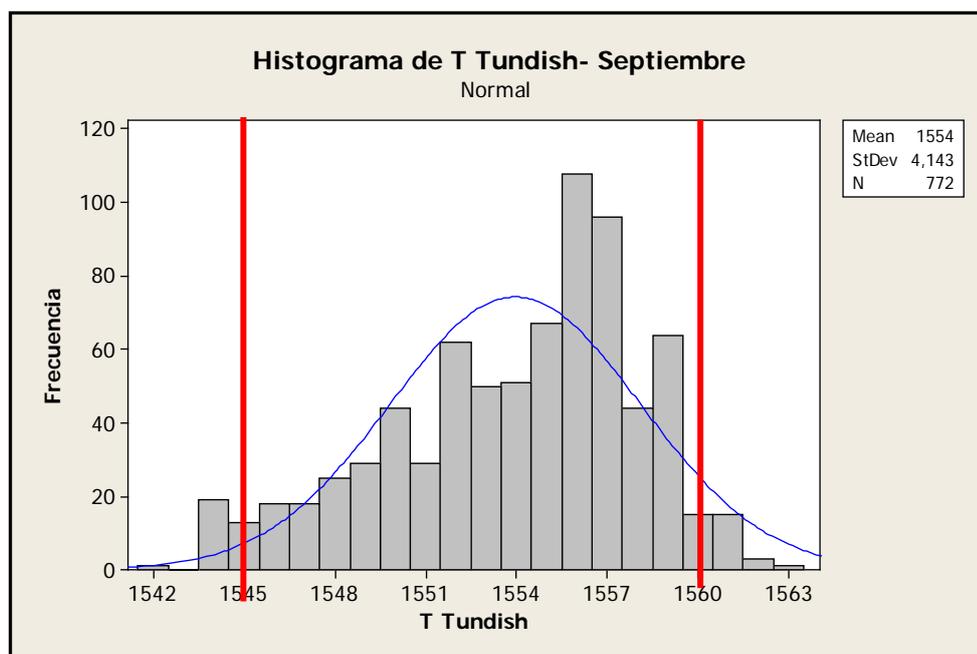


Figura 80. Histograma de Temperatura *Tundish* –Septiembre

En el mes de septiembre, la media de temperatura de acero líquido en *Tundish* está en 1554° se puede observar valores atípicos tanto en el límite superior como en el límite inferior, pero la curva esta mucho más centrada que en el antes.

En el gráfico de puntos mostrado a continuación se identificó la distribución de datos, de 1545°C a 1565°C, eliminándose la existencia de coladas esporádicas con valores inferiores o mayores.

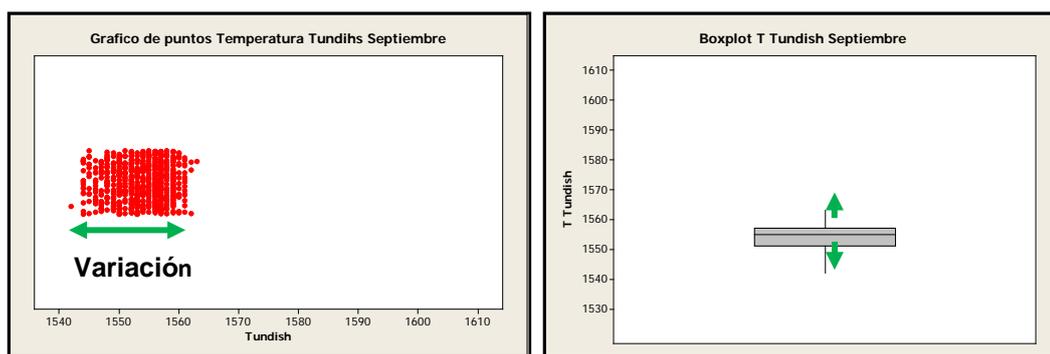


Figura 81. Variación de la temperatura de acero líquido en *Tundish*

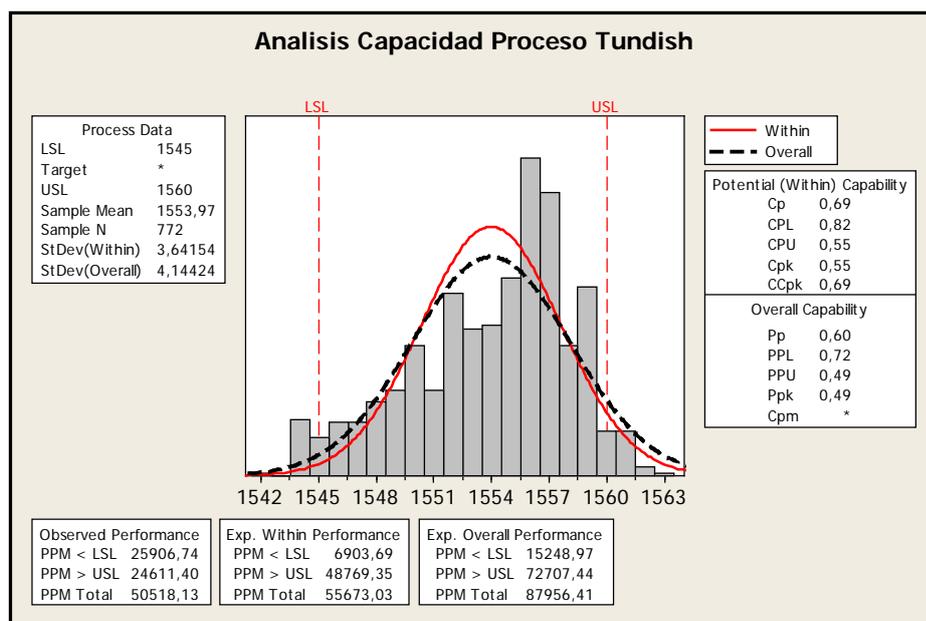
Al revisar el “Box Plot” de la temperatura de acero líquido en el *Tundish*, se observó, que la distribución de datos redujo la dispersión especialmente para el límite inferior, el proceso está centrado entre 1545°C a 1560°C.

Se analizó la capacidad de este proceso, es decir que la temperatura de acero líquido en *Tundish* esté entre 1545°C a 1560°C según especificaciones, y se determinó que en el proceso comparado con la situación inicial, está más centrado.

Al comparar la tolerancia especificada y la variabilidad natural del proceso se observó que existen valores menores y mayores a la especificación, pero en menor escala que en la situación inicial, teniendo un  $C_p$  de 0,69.

Se observó, sin embargo, que la media del proceso es todavía inferior al objetivo, y que la cola derecha como izquierda, aparecen algunos valores

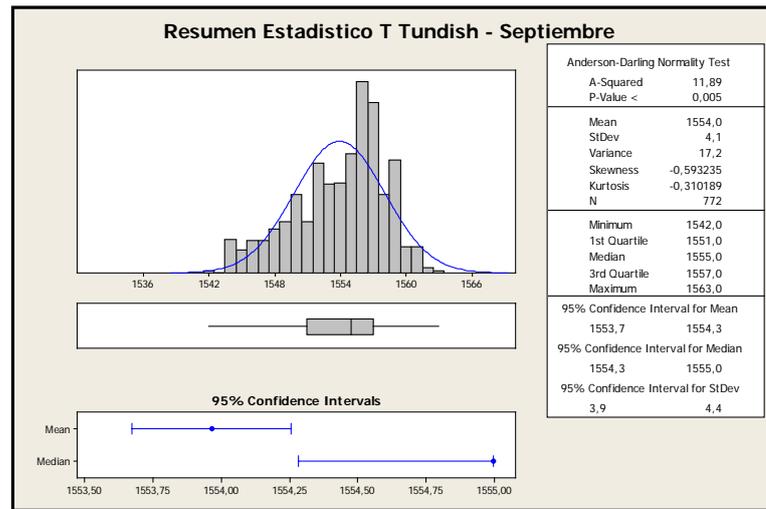
que están fuera de la distribución. Esto significa que ocasionalmente habrá algunas temperaturas que no cumplan la especificación, pero es una oportunidad de mejora y continuar con una aplicación de otra técnica en la ruta de la calidad.



*Figura 82. Análisis Capacidad Proceso Temperatura Acero Líquido en Tundish*

En este caso, el Cpk es de sólo 0,55. Ello significa que el proceso debe mejorar para ajustarse más al objetivo, observándose mejora en relación a la situación inicial.

Se observó en septiembre, el promedio de Temperatura de acero líquido en *Tundish* es de 1554°C, considerando una desviación estándar de los datos alrededor de 4,1°C, dando valores de temperatura de entre 1542°C y 1563°C.



*Figura 83.* Resumen Estadístico de Temperatura de Acero Líquido en *Tundish*

#### 4.5.1. Analizar los resultados parcialmente obtenidos

Para analizar los datos parcialmente obtenidos, se hizo una clasificación por turnos de trabajo.

PROTECCIÓN DE LA CALIDAD

COMPARACION POR TURNOS DESPUES

ESTADÍSTICA BÁSICA DE ACERO LÍQUIDO TUNDISH	TURNO A	TURNO B	TURNO C
El Turno B presenta			

Figura 84. Resumen Estadístico de Temperatura de Acero Líquido en Tundish por turno

Los tres turnos trabajan similarmente con temperaturas de acero en promedio, pero la desviación está en 6,69 °C, el Turno C es quien presenta mayor desviación pero con un proceso más centrado en el objetivo.

Tabla 45. °C Temperatura Acero Solicitada por Tundish

°C TEMPERATURA ACERO SOLICITADA POR TURNOS						
TURNOS	PROMEDIO	MAX	MIN	DESVIACION ESTANDAR	MODA	Variación
A	1611	1634	1589	6,69	1609	45
B	1611	1634	1584	7,13	1609	50
C	1609	1629	1593	6,01	1609	36

Los tres turnos tienen una Temperatura de Acero en *Tundish* de 1553°C, la desviación está en 4,17°C, la variación se redujo notablemente, el turno B es el que más se acerca al objetivo. La moda es 1556°C el comportamiento es similar en los tres turnos.

Tabla 46. °C Temperatura Acero en *Tundish* por turnos

°C TEMPERATURA ACERO EN TUNDISH POR TURNOS						
TURNOS	PROMEDIO	MAX	MIN	DESVIACION ESTANDAR	MODA	Variación
A	1553	1563	1542	4,54	1556	21
B	1554	1561	1544	4,17	1556	17
C	1555	1563	1545	3,44	1557	18

Los minutos de espera en torreta son propios del proceso, se tiene la siguiente información.

Tabla 47. Minutos de espera en Torreta por turno

MINUTOS DE ESPERA EN TORRETA POR TURNOS						
TURNO	PROMEDIO	MAX	MIN	DESVIACION ESTANDAR	MODA	Variación
A	0:12:44	0:23:00	0:03:00	0:02:58	0:12:00	21
B	0:13:00	0:23:00	0:01:00	0:03:10	0:12:00	17
C	0:12:11	0:21:00	0:05:00	0:02:40	0:12:00	18

Se hizo un análisis por cuchara de esta información recolectada:

Tabla 48. Temperatura Acero en Tundish por cucharas

°C TEMPERATURA ACERO EN TUNDISH POR CUCHARAS						
CUCHARA	PROMEDIO	MAX	MIN	DESVIACION ESTANDAR	MODA	Variación
1	1554	1561	1544	4,54	1556	17
2	1554	1562	1544	4,11	1556	18
3	1555	1561	1544	3,79	1558	17
4	1554	1562	1544	4,11	1557	18
5	1554	1561	1542	4,06	1556	19
6	1554	1561	1544	4,21	1555	17
7	1553	1559	1544	4,32	1556	15

El resumen estadístico de la temperatura de Acero en Tundish por cuchara muestra una variación bastante similar, se redujo notablemente considerando los datos de la situación inicial del proceso, se atribuyó el resultado a los controles del calentamiento de Cucharas y de Tundish.

Tabla 49. Temperatura Acero solicitada por cucharas

°C TEMPERATURA ACERO SOLICITADA POR CUCHARAS						
CUCHARA	PROMEDIO	MAX	MIN	DESVIACION ESTANDAR	MODA	Variación
1	1611	1627	1593	7,63	1609	34
2	1610	1627	1598	5,80	1611	29
3	1611	1632	1589	6,90	1614	43
4	1611	1634	1593	6,02	1609	41
5	1611	1634	1593	7,12	1609	41
6	1611	1629	1593	6,87	1609	36
7	1610	1625	1584	7,93	1609	41

En la temperatura de acero solicitada por cuchara, se observó que la solicitud de los operadores es muy similar no existen variaciones grandes entre temperaturas la desviación estándar está alrededor de 6,8°C.

En el resumen estadístico de los datos analizados sobre grados centígrados de temperatura perdida en el acero analizado por cuchara, se observó que todas las cucharas tienen un promedio de 57°C de pérdida.

*Tabla 50.* Temperatura Acero perdida por cucharas

°C DE TEMPERATURA PERDIDO POR CUCHARAS						
CUCHARA	PROMEDIO	MAX	MIN	DESVIACION		
				ESTANDAR	MODA	Variación
1	57	74	35	7,82	52	39
2	55	79	39	7,84	57	40
3	56	84	31	8,44	54	53
4	57	78	42	7,44	50	36
5	57	80	37	8,62	52	43
6	57	78	37	7,88	54	41
7	57	79	30	9,44	46	48

Se observó que comparado con la situación inicial, el valor mínimo de grados centígrados perdidos por cuchara, no presentó valores negativos, fenómeno que se presentó antes de implementar las acciones de mejora.

#### **4.5.2. Comparar los resultados finales contra la meta planeada**

De los resultados obtenidos comparados con la meta planteada se concluyó que:

Tabla 51. Comparación de resultados Antes y Ahora

OBJETIVO	ANTES	AHORA
Reducir a <b>15°C</b> la variabilidad de la temperatura de acero líquido tomada en <i>Tundish</i> , para el proceso de Colada Continua.	71°C	21°C
Rango Temperatura <b>1545 a 1560 °C</b>	1535-1606 °C	1542-1563 °C

Se observó un proceso notable de mejora, el cual está encaminado a lograr el objetivo de 15°C, considerando un rango de Temperatura de 1545 a 1560°C.

En la reunión realizada por el grupo de mejora en la que se presentó los resultados obtenidos a la Dirección Técnica, se consideró que estamos inmersos dentro del proceso de mejora y se solicitó que se mantenga estos resultados sosteniblemente durante 6 meses para luego mediante nuevas oportunidades de mejora que pueden incluir la tecnología, mejorar el proceso hasta llegar a los 15°C de variación.

En cuanto al desempeño del proceso, se realizó los gráficos en base a la escala de la situación inicial para hacer la respectiva comparación y observar las mejoras en el recuadro verde se ha establecido el objetivo establecido:

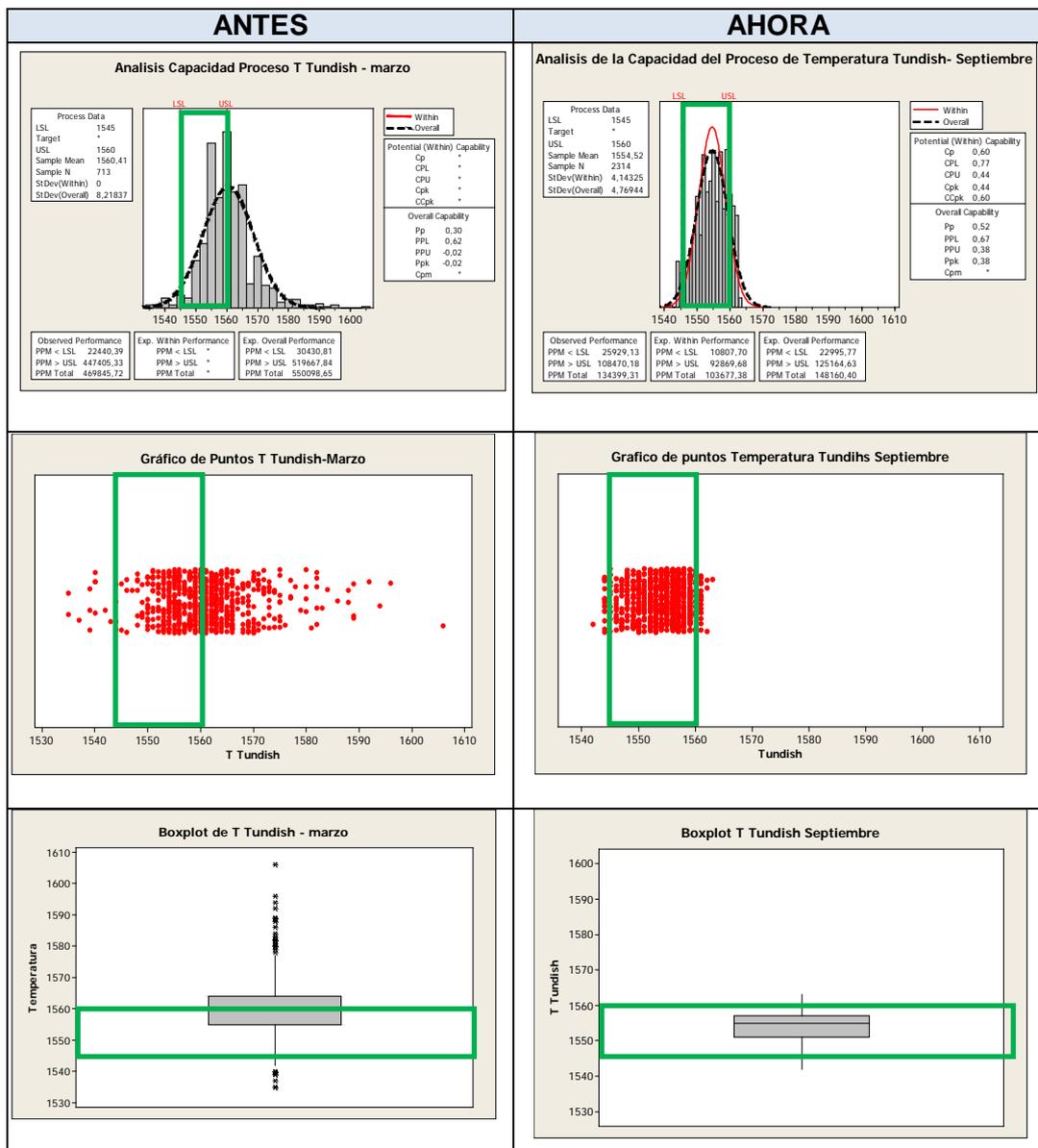


Figura 85. Objetivo comparado con los resultados obtenidos

### 4.5.3. Comparar el antes contra el después

Se logró centrar los valores correspondientes a la temperatura de acero líquido en *Tundish*, como se puede observar en los gráficos a continuación:

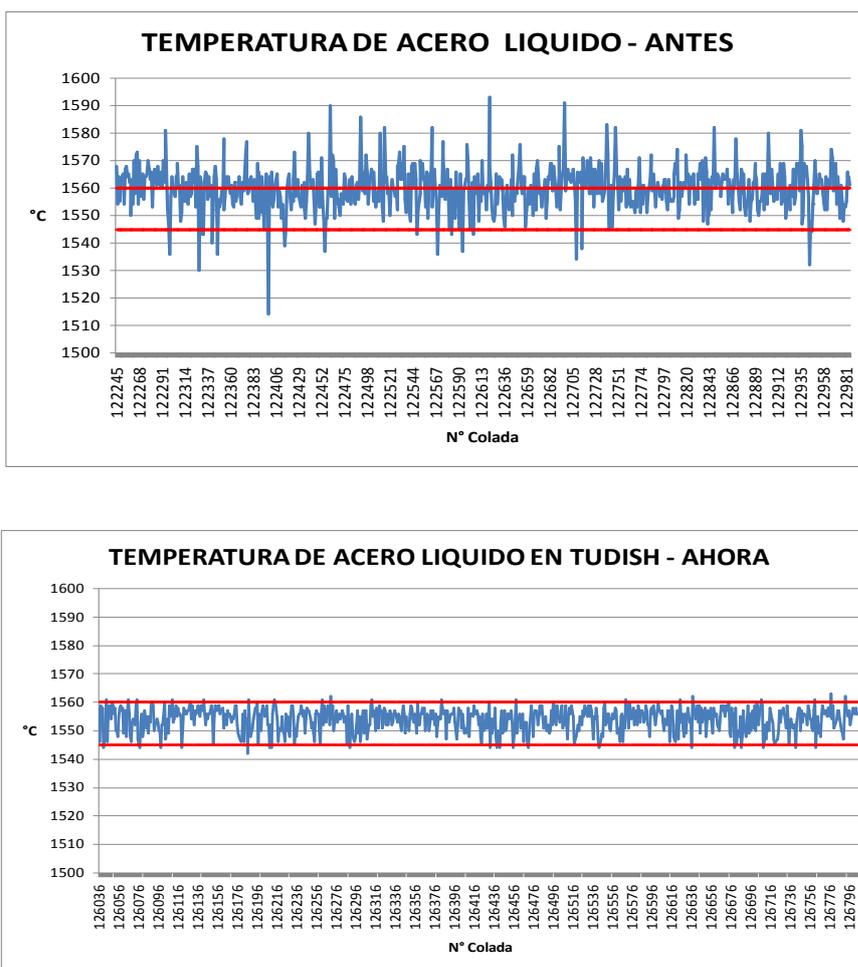


Figura 86. Temperatura de Acero líquido en *Tundish* ANTES- AHORA

Se observó que todavía existen puntos que se encuentran fueran del límite superior como el límite inferior pero el proceso está más controlado.

En el siguiente cuadro resumen de indicadores se consideró las variables analizadas a lo largo del proyecto de mejora, comparando la situación inicial con la situación actual.

Pág 1 de 5

		ANTES	AHORA	VAR	MEJOR	IGUAL	PEOR	EVALUACION
TEMPERATURA DE ACERO LIQUIDO SOLICITADA A HC	PROMEDIO	1604,56	1610,49	5,93	X			Se acerca al objetivo
	MAX	1695	1634	-61,12	X			Se redujo notablemente
	MIN	1545	1584	39,24	X			Se acerca al límite inferior
	DESVEST	13,80	6,66	-7,14	X			Los datos son menos dispersos
	RANGO	150	50	-100,37	X			Diferencia de LS y LI es menor
TEMPERATURA DE ACERO LIQUIDO EN TUNDISH	PROMEDIO	1560,41	1554,0	-6,44	X			Se acerca al objetivo
	MAX	1606	1563,0	-43,00	X			Se redujo notablemente
	MIN	1535	1542,0	7,00	X			Se acerca al límite inferior
	DESVEST	8,22	4,1	-4,07	X			Los datos son menos dispersos
	RANGO	71	21,0	-50,00	X			Diferencia de LS y LI es menor
MINUTOS DE ESPERA EN TORRETA	PROMEDIO	0:11:01	0:12:38	0:01:37	X			Menor tiempo en torreta
	MAX	0:32:00	0:23:00	0:09:00	X			El min máximo de minutos es menor
	MIN	0:01:00	0:01:00	0:00:00		X		
	DESVEST	0:02:57	0:02:57	0:00:00		X		
	RANGO	0:31:00	0:22:00	0:09:00	X			Diferencia de LS y LI es menor
TEMPERATURA ACERO LIQUIDO SOLICITADA TURNO A	PROMEDIO	1606,38	1611	4,62	X			
	MAX	1660	1634	-26,00	X			Temperatura acero máxima es menor
	MIN	1590	1589	-1,00		X		
	DESVEST	12,86	6,69	-6,17	X			Los datos son menos dispersos
	MODA	1595	1609	14,00		X		
	RANGO	70	45	-25,00	X			Diferencia de LS y LI es menor
TEMPERATURA ACERO LIQUIDO SOLICITADA TURNO B	PROMEDIO	1606,9	1611	4,10	X			
	MAX	1695	1634	-61,00	X			Temperatura acero máxima es menor
	MIN	1545	1584	39,00	X			El min está dentro del rango
	DESVEST	12,89	7,13	-5,76	X			Los datos son menos dispersos
	MODA	1605	1609	4,00		X		
	RANGO	150	50	-100,00	X			Diferencia de LS y LI es menor
TEMPERATURA DE ACERO LIQUIDO SOLICITADA TURNO C	PROMEDIO	1605,47	1609	3,53	X			
	MAX	1665	1629	-36,00	X			Temperatura acero máxima es menor
	MIN	1500	1593	93,00	X			El min está dentro del rango
	DESVEST	13,87	6,01	-7,86	X			Los datos son menos dispersos
	MODA	1600	1609	9,00		X		
	RANGO	165	36	-129,00	X			Diferencia de LS y LI es menor

Pag 2 de 5

		ANTES	AHORA	VAR	MEJOR	IGUAL	PEOR	EVALUACION
TEMPERATURA ACERO LIQUIDO EN TUNDISH TURNO A	PROMEDIO	1559,8	1553	-6,80	X			
	MAX	1671	1563	-108,00	X			Temperatura acero máxima es menor
	MIN	1530	1542	12,00	X			El min está dentro del rango
	DESVEST	9,85	4,54	-5,31	X			Los datos son menos dispersos
	MODA	1558	1556	-2,00		X		
	RANGO	141	21	-120,00	X			Diferencia de LS y LI es menor
TEMPERATURA DE ACERO LIQUIDO EN TUNDISH TURNO B	PROMEDIO	1560,3	1554	-6,30	X			
	MAX	1606	1561	-45,00	X			Temperatura acero máxima es menor
	MIN	1535	1544	9,00	X			El min está dentro del rango
	DESVEST	8,38	4,17	-4,21	X			Los datos son menos dispersos
	MODA	1565	1556	-9,00		X		
	RANGO	71	17	-54,00	X			Diferencia de LS y LI es menor
TEMPERATURA DE ACERO LIQUIDO EN TUNDISH TURNO C	PROMEDIO	1560,6	1555	-5,60	X			
	MAX	1593	1563	-30,00	X			Temperatura acero máxima es menor
	MIN	1514	1545	31,00	X			El min está dentro del rango
	DESVEST	7,15	3,44	-3,71	X			Los datos son menos dispersos
	MODA	1563	1557	-6,00		X		
	RANGO	79	18	-61,00	X			Diferencia de LS y LI es menor
°C TEMPERATURA ACERO EN TUNDISH CUCHARA 1	PROMEDIO	1561,68	1554	-7,68	X			Se acerca al objetivo
	MAX	1671	1561	-110,00	X			Temperatura acero máxima es menor
	MIN	1514	1544	30,00	X			El min está dentro del rango
	DESVEST	11,77	4,54	-7,23	X			Los datos son menos dispersos
	MODA	1564	1556	-8,00	X			Se acerca al objetivo
	RANGO	157	17	-140,00	X			Diferencia de LS y LI es menor
°C TEMPERATURA ACERO EN TUNDISH CUCHARA 2	PROMEDIO	1559,66	1554	-5,66	X			Se acerca al objetivo
	MAX	1594	1562	-32,00	X			Temperatura acero máxima es menor
	MIN	1536	1544	8,00	X			El min está dentro del rango
	DESVEST	8,13	4,11	-4,02	X			Los datos son menos dispersos
	MODA	1557	1556	-1,00		X		Se acerca al objetivo
	RANGO	58	18	-40,00	X			Diferencia de LS y LI es menor
°C TEMPERATURA ACERO EN TUNDISH CUCHARA 3	PROMEDIO	1559,66	1555	-4,66	X			Se acerca al objetivo
	MAX	1586	1561	-25,00	X			Temperatura acero máxima es menor
	MIN	1537	1544	7,00	X			El min está dentro del rango
	DESVEST	8,06	3,79	-4,27	X			Los datos son menos dispersos
	MODA	1563	1558	-5,00	X			Se acerca al objetivo
	RANGO	49	17	-32,00	X			Diferencia de LS y LI es menor
°C TEMPERATURA ACERO EN TUNDISH CUCHARA 4	PROMEDIO	1561,39	1554,00	-7,39	X			Se acerca al objetivo
	MAX	1589	1562	-27,00	X			Temperatura acero máxima es menor
	MIN	1530	1544	14,00	X			El min está dentro del rango
	DESVEST	7,56	4,11	-3,45	X			Los datos son menos dispersos
	MODA	1558	1557	-1,00		X		Se acerca al objetivo (mejora no sign)
	RANGO	59	18	-41,00	X			Diferencia de LS y LI es menor

Pag 3 de 5

		ANTES	AHORA	VAR	MEJOR	IGUAL	PEOR	EVALUACION
°C TEMPERATURA ACERO EN TUNDISH CUCHARA 5	PROMEDIO	1561,01	1554,00	-7,01	X			Se acerca al objetivo
	MAX	1606	1561	-45,00	X			Temperatura acero máxima es menor
	MIN	1534	1542	8,00	X			El min está dentro del rango
	DESVEST	8,79	4,06	-4,73	X			Los datos son menos dispersos
	MODA	1563	1556	-7,00	X			Se acerca al objetivo
	RANGO	72	19	-53,00	X			Diferencia de LS y LI es menor
°C TEMPERATURA ACERO EN TUNDISH CUCHARA 6	PROMEDIO	1560,09	1554,00	-6,09	X			Se acerca al objetivo
	MAX	1582	1561	-21,00	X			Temperatura acero máxima es menor
	MIN	1536	1544	8,00	X			El min está dentro del rango
	DESVEST	7,04	4,21	-2,83	X			Los datos son menos dispersos
	MODA	1563	1555	-8,00	X			Se acerca al objetivo
	RANGO	46	17	-29,00	X			Diferencia de LS y LI es menor
°C TEMPERATURA ACERO EN TUNDISH CUCHARA 7	PROMEDIO	1558,44	1553	-5,44	X			Se acerca al objetivo
	MAX	1590	1559	-31,00	X			Temperatura acero máxima es menor
	MIN	1532	1544	12,00	X			El min está dentro del rango
	DESVEST	7,83	4,32	-3,51	X			Los datos son menos dispersos
	MODA	1559	1556	-3,00	X			Se acerca al objetivo
	RANGO	58	15	-43,00	X			Diferencia de LS y LI es menor
°C TEMPERATURA ACERO SOLICITADA CUCHARA 1	PROMEDIO	1607,52	1611	3,48		X		
	MAX	1695	1627	-68,00	X			Temperatura acero máxima es menor
	MIN	1545	1593	48,00	X			El min está dentro del rango
	DESVEST	14,94	7,63	-7,31	X			Los datos son menos dispersos
	MODA	1605	1609	4,00		X		Depende minutos giro de torreta
	RANGO	150	34	-116,00	X			Diferencia de LS y LI es menor
°C TEMPERATURA ACERO SOLICITADA CUCHARA 2	PROMEDIO	1604,42	1610	5,58		X		
	MAX	1655	1627	-28,00	X			Temperatura acero máxima es menor
	MIN	1500	1598	98,00	X			El min está dentro del rango
	DESVEST	13,88	5,8	-8,08	X			Los datos son menos dispersos
	MODA	1605	1611	6,00		X		Depende minutos giro de torreta
	RANGO	155	29	-126,00	X			Diferencia de LS y LI es menor
°C TEMPERATURA ACERO SOLICITADA CUCHARA 3	PROMEDIO	1607,08	1611	3,92		X		
	MAX	1655	1632	-23,00	X			Temperatura acero máxima es menor
	MIN	1545	1589	44,00	X			El min está dentro del rango
	DESVEST	12,52	6,9	-5,62	X			Los datos son menos dispersos
	MODA	1605	1614	9,00		X		Depende minutos giro de torreta
	RANGO	110	43	-67,00	X			Diferencia de LS y LI es menor
°C TEMPERATURA ACERO SOLICITADA CUCHARA 4	PROMEDIO	1606,45	1611	4,55		X		
	MAX	1660	1634	-26,00	X			Temperatura acero máxima es menor
	MIN	1590	1593	3,00	X			El min está dentro del rango
	DESVEST	12,56	6,02	-6,54	X			Los datos son menos dispersos
	MODA	1605	1609	4,00		X		Depende minutos giro de torreta
	RANGO	70	41	-29,00	X			Diferencia de LS y LI es menor

Pag 4 de 5		ANTES	AHORA	VAR	MEJOR	IGUAL	PEOR	EVALUACION
°C TEMPERATURA ACERO SOLICITADA CUCHARA 5	PROMEDIO	1605,71	1611	5,29		X		
	MAX	1660	1634	-26,00	X			Temperatura acero máxima es menor
	MIN	1590	1593	3,00	X			El min está dentro del rango
	DESVEST	13,38	7,12	-6,26	X			Los datos son menos dispersos
	MODA	1600	1609	9,00		X		Depende minutos giro de torreta
	RANGO	70	41	-29,00	X			Diferencia de LS y LI es menor
°C TEMPERATURA ACERO SOLICITADA CUCHARA 6	PROMEDIO	1606,14	1611	4,86		X		
	MAX	1665	1629	-36,00	X			Temperatura acero máxima es menor
	MIN	1590	1593	3,00	X			El min está dentro del rango
	DESVEST	13,15	6,87	-6,28	X			Los datos son menos dispersos
	MODA	1600	1609	9,00		X		Depende minutos giro de torreta
	RANGO	75	36	-39,00	X			Diferencia de LS y LI es menor
°C TEMPERATURA ACERO SOLICITADA CUCHARA 7	PROMEDIO	1606,06	1610	3,94		X		
	MAX	1660	1625	-35,00	X			Temperatura acero máxima es menor
	MIN	1590	1584	-6,00	X			El min está dentro del rango
	DESVEST	12,6	7,93	-4,67	X			Los datos son menos dispersos
	MODA	1595	1609	14,00		X		Depende minutos giro de torreta
	RANGO	70	41	-29,00	X			Diferencia de LS y LI es menor
°C TEMPERATURA ACERO PERDIDO POR CUCHARA 1	PROMEDIO	45,75	57	11,25	X			Similitud entre cucharas
	MAX	92	74	-18,00	X			Temperatura acero máxima es menor
	MIN	-46	35	81,00	X			El min está dentro del rango
	DESVEST	14,29	7,82	-6,47	X			Los datos son menos dispersos
	MODA	49	52	3,00	X			Similitud entre cucharas
	RANGO	138	39	-99,00	X			Diferencia de LS y LI es menor
°C TEMPERATURA ACERO PERDIDO POR CUCHARA 2	PROMEDIO	45,87	55	9,13	X			Similitud entre cucharas
	MAX	83	79	-4,00	X			Temperatura acero máxima es menor
	MIN	25	39	14,00	X			El min está dentro del rango
	DESVEST	11,1	7,84	-3,26	X			Los datos son menos dispersos
	MODA	38	57	19,00	X			Similitud entre cucharas
	RANGO	58	40	-18,00	X			Diferencia de LS y LI es menor
°C TEMPERATURA ACERO PERDIDO POR CUCHARA 3	PROMEDIO	48,19	56	7,81	X			Similitud entre cucharas
	MAX	97	84	-13,00	X			Temperatura acero máxima es menor
	MIN	25	31	6,00	X			El min está dentro del rango
	DESVEST	12,11	8,44	-3,67	X			Los datos son menos dispersos
	MODA	41	54	13,00	X			Similitud entre cucharas
	RANGO	72	53	-19,00	X			Diferencia de LS y LI es menor
°C TEMPERATURA ACERO PERDIDO POR CUCHARA 4	PROMEDIO	44,85	57	12,15	X			Similitud entre cucharas
	MAX	88	78	-10,00	X			Temperatura acero máxima es menor
	MIN	-7	42	49,00	X			El min está dentro del rango
	DESVEST	11,2	7,44	-3,76	X			Los datos son menos dispersos
	MODA	47	50	3,00	X			Similitud entre cucharas
	RANGO	95	36	-59,00	X			Diferencia de LS y LI es menor

Pag 5 de 5

		ANTES	AHORA	VAR	MEJOR	IGUAL	PEOR	EVALUACION
°C TEMPERATURA ACERO PERDIDO POR CUCHARA 5	PROMEDIO	45,46	57	11,54	X			Similitud entre cucharas
	MAX	106	80	-26,00	X			Temperatura acero máxima es menor
	MIN	-7	37	44,00	X			El min está dentro del rango
	DESVEST	11,84	8,62	-3,22	X			Los datos son menos dispersos
	MODA	41	52	11,00	X			Similitud entre cucharas
	RANGO	113	43	-70,00	X			Diferencia de LS y LI es menor
°C TEMPERATURA ACERO PERDIDO POR CUCHARA 6	PROMEDIO	47,01	57	9,99	X			Similitud entre cucharas
	MAX	90	78	-12,00	X			Temperatura acero máxima es menor
	MIN	26	37	11,00	X			El min está dentro del rango
	DESVEST	12,86	7,88	-4,98	X			Los datos son menos dispersos
	MODA	37	54	17,00	X			Similitud entre cucharas
	RANGO	64	41	-23,00	X			Diferencia de LS y LI es menor
°C TEMPERATURA ACERO PERDIDO POR CUCHARA 7	PROMEDIO	48	57	9,00	X			Similitud entre cucharas
	MAX	91	79	-12,00	X			Temperatura acero máxima es menor
	MIN	26	30	4,00	X			El min está dentro del rango
	DESVEST	11,02	9,44	-1,58	X			Los datos son menos dispersos
	MODA	46	46	0,00	X			Similitud entre cucharas
	RANGO	65	48	-17,00	X			Diferencia de LS y LI es menor
TOTAL					152	25	0	

Figura 87. Comparación Indicadores proceso de mejora ANTES vs AHORA

Al realizar el análisis del Impacto de la aplicación de las actividades de mejora, se observó que el 86% de las actividades han generado una mejora directa en el proceso mientras el 14% de actividades contribuyeron a que las actividades mantuvieran igual desempeño, no hay ninguna actividad que causó un impacto negativo.

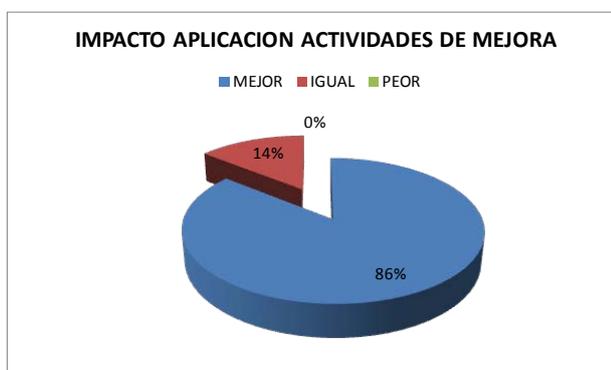
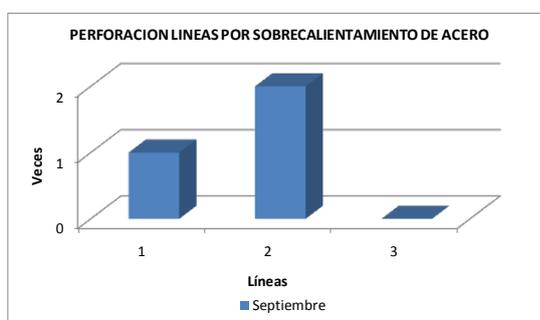


Figura 88. Impacto aplicación de actividades de mejora

Adicionalmente se realizó una evaluación sobre los impactos ocasionados por la variación que de la temperatura de acero líquido.

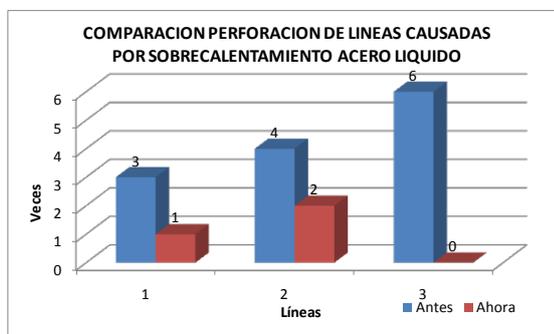
*Tabla 52.* Perforación líneas por sobrecalentamiento de acero líquido – Ahora

MES	VECES POR LINEA			TOTAL
	1	2	3	
Septiembre	1	2	0	3
<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>3</b>



*Figura 89.* Perforación de líneas por sobrecalentamiento de Acero líquido

En el gráfico detallado a continuación se observó la mejora existente al disminuir las perforaciones de líneas causadas por sobrecalentamiento de acero líquido, se comparó el antes y el después.



*Figura 90.* Comparación perforación líneas causadas por sobrecalentamiento acero líquido

Un punto clave de la aplicación de acciones en el proceso de calentamiento de acero líquido en *Tundish* es la mejora de la calidad interna de la palanquilla

*Figura 91.* Comparación de la calidad interna de la palanquilla

## 4.6. Estandarizar

### 4.6.1. Establecer los procedimientos estándares de operación

Considerando los resultados obtenidos y la estabilidad del proceso, en conjunto con la Dirección Técnica y el grupo de trabajo, se incluyó estos procedimientos de operación en el Sistema de Gestión de Calidad.

Cabe recalcar que se han estado trabajando con estos procedimientos a la par que se ha estado realizando la implementación del proceso de mejora continua. Una vez implementado los procedimientos se busca es fortalecer la cultura de la empresa.

De todas las acciones tomadas y de acuerdo al plan de contingencia, la única actividad que se suspendió hasta nueva disposición de la Dirección Técnica es la práctica del *Tundish* con el Inhibidor de Turbulencia.

Tabla 53. Revisión de Estatus de acciones implementadas

ACCION	ESTATUS
Calibración de equipos de toma muestra de temperatura y revisión de área de toma de muestra	Completada/Estandarizar
Cálculo de la temperatura líquidas de colada de Acero líquido	Completada/Estandarizar
Operatividad de los calentadores de Cuchara y de <i>Tundish</i>	Completada/Estandarizar
Reafirmación de Obligaciones del personal de colada continua	Completada/Estandarizar
Adquisición de un nuevo calentador de cuchara automatizado	Completada
Inhibidor de Turbulencia para homogenización de temperatura en <i>Tundish</i>	Suspendida
Elaborar Plan de mantenimiento preventivo de Equipos de Calentamiento	Completada/Estandarizar

#### 4.6.2. Comunicar los nuevos procedimientos

En primera instancia se organizó con el personal que forma parte del proceso de mejora la revisión de responsabilidades del personal de colada continua, adicionalmente en las reuniones periódicas que se mantuvieron con todo el personal de producción, para conozcan los nuevos procesos creados y los revisados.

Tabla 54. Comunicar los nuevos procedimientos

ACCION	PROCEDIMIENTO	AREA RESPONSABLE
Verificación de equipos de toma muestra de temperatura	Instructivo I-A-MM-02	Mantenimiento Colada Continua
Operatividad de los calentadores de Cuchara y de <i>Tundish</i>	Formato Control de Calentamiento de <i>Tundish</i> y Cucharas	Mantenimiento Colada Continua
Procedimiento Encendido Cuchara Nueva	Procedimiento Encendido	Mantenimiento Colada Continua
Elaborar Plan de mantenimiento preventivo de Equipos de Calentamiento	Registro de Mantenimiento Preventivo / Inspección Equipos Colada Continua	Mantenimiento Colada Continua
Toma de muestra de Temperatura en Acero en <i>Tundish</i>	Instructivo I-A-PD-17	Operador de Cuchara
Criterio de Operación de los calentadores de Cuchara - <i>Tundish</i>	Curva de calentamiento	Operador de Cuchara
Cálculo de la temperatura líquidas de colada de Acero líquido	Fórmula de cálculo de acero líquido en CC	Colador 1 Colada Continua
Descripción de funciones Personal Horno Cuchara-Colada Continua	Procedimiento RH-DF-01	Jefes de Área Personal HC-CC

La ventaja que se reconoció es la familiarización de los procedimientos establecidos con el trabajo de los responsables de los mismos ya que a lo largo del tiempo de implementación ya lo fueron desarrollando y haciéndolos

parte de una cultura de trabajo lo que contribuyó a la mejora continua de los procesos.

#### **4.6.3. Educación y entrenamiento al personal involucrado**

Para la implementación de cada una de las acciones de mejora se sometió a un proceso de capacitación a todo el personal involucrado, pues hubo algunas acciones que implicaban el cambio de una actividad, con la decisión de todo el grupo de mejora. Se buscó fortalecer las experiencias logradas en este tiempo de implementación y lo pequeños ajustes reflejados en los procedimientos se elaboró un cronograma de capacitación dirigido al personal involucrado.

Las personas consideradas para cada curso fueron distribuidas en la siguiente tabla, en donde constan los cursos que deben recibir para personas en Colada Continua.

Los grupos de trabajo fueron organizados de la siguiente manera y se estableció los horarios por grupo de trabajo con los temas detalladas a continuación:

CURSOS		GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3
Calibración de equipos de toma muestra de temperatura	Reafirmación de Obligaciones del personal de colada continua	15/10/2012 8h00 a 12h00	16/10/2012 8h00 a 12h00	17/10/2012 8h00 a 12h00
Operatividad de los calentadores de Cuchara y de <i>Tundish</i>	Reafirmación de Obligaciones del personal de colada continua	15/10/2012 14h00 a 17h00	16/10/2012 14h00 a 17h00	17/10/2012 14h00 a 17h00
Ejecución Plan de mantenimiento preventivo de Equipos de Calentamiento	Reafirmación de Obligaciones del personal de colada continua	19/10/2012 8h00 a 12h00	20/10/2012 8h00 a 12h00	22/10/2012 8h00 a 12h00
Cálculo de la temperatura líquidas de colada de Acero líquido	Reafirmación de Obligaciones del personal de colada continua	18/10/2012 14h00 a 17h00	19/10/2012 14h00 a 17h00	22/10/2012 14h00 a 17h00
Revisión de área de toma de muestra de temperatura	Reafirmación de Obligaciones del personal de colada continua	23/10/2012 8h00 a 12h00	24/10/2012 8h00 a 12h00	25/10/2012 8h00 a 12h00
Procedimiento de funcionamiento de nuevo calentador de cuchara automatizado	Reafirmación de Obligaciones del personal de colada continua	23/10/2012 14h00 a 17h00	24/10/2012 14h00 a 17h00	25/10/2012 14h00 a 17h00

*Figura 92.* Horarios de capacitación

El Responsable del Proyecto de mejora continua fue el coordinador directo de la capacitación con el apoyo de los responsables de área en los temas correspondientes.

Área	Turno 1	Turno 2	Turno 3	Capacitación	Reafirmación de Obligaciones del personal de colada continua
<a href="#">Colada Continua</a>	Betancourt Gustavo	Salabarria Antonio	Grijalva Roberto	Calibración de equipos de toma muestra de temperatura	
<a href="#">Eléctrico/ Electrónico</a>	Chamorro Jorge	Angulo Ronald	Jami Iván	Operatividad de los calentadores de Cuchara y de <i>Tundish</i>	
	Tacuri Edwin	Quinga Francisco	Llumiquinga Jaime		
	Singaña Estuardo	Acaro Milton	Lopez Julio	Elaborar Plan de mantenimiento preventivo de Equipos de Calentamiento	
	Yanguisela Jorge	Mendoza Luis	Jiménez José		
<a href="#">Hornero 2 CABINA</a>	Pillajo Kleber	Chasi Luis	Venegas Franklin	Cálculo de la temperatura líquidas de colada de Acero líquido	
<a href="#">Hornero 3 HC</a>	Suconota Julio	Ulcuango Diego	Chicaiza Héctor		
	Tayupanta Carlos	Valenzuela Víctor	Canching Byron		
<a href="#">Colador 1 - CABINA</a>	Barros Franklin	Tipán Paúl	Toaquiza Javier		
<a href="#">Colador 1 PLATAFORMA</a>	Sisa Washington	Mosquera Juan	Valencia Juan	Operatividad de los calentadores de Cuchara y de <i>Tundish</i>	
	Muñoz Edison	Pilicita Wilson	Heredia José		
	Toapanta Darío	Calero Miguel	Altamirano Javier		
<a href="#">Colador 2</a>	Naula Fidel	Lopez Edwin	Tapia Edison		
	Caiza Juan	Rengifo Juan	Asimbaya Edison		
<a href="#">Operador de Cuchara</a>	Uvillus Darwin	Rivera Wilmer	Alarcón Diego		Revisión de área de toma de muestra de temperatura
	Lamar Galo	Cabrera André	Placencio Juan		
	Tixi José	Lema Giovanni	Barrera Israel		
<a href="#">Técnicos Refractoristas</a>	Caiza Ángel	Vinuesa Edison	Heredia Vinicio		
	Llumiguisin Luis	Criollo Gustavo	Daniel Criollo	Procedimiento funcionamiento de nuevo calentador de cuchara automatizado	
	Camacho Diego	Sánchez Víctor	Yanguisela Edison		
	Jácome Carlos	Pilatasig Edison	Narvaez Víctor		
Lazcano Juan	Chicaiza Luis	Hernández Luis			

Figura 93. Listado del Personal para capacitación

#### 4.6.4. Establecer un sistema de aseguramiento

Como parte del sistema de aseguramiento se estableció un cronograma básico de auditorías periódicas de los procedimientos, el cual estuvo directamente a cargo del Auditor del Proyecto, quien fue el responsable de verificar el cumplimiento de los estándares establecidos.

ACTIVIDADES	CRONOGRAMAS AUDITORIAS DE ASEGURAMIENTO																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Calibración de equipos de toma muestra de temperatura	█	█																													
Operatividad de los calentadores de Cuchara					█	█																									
Operatividad de los calentadores de Tundish							█	█																							
Ejecución Plan de mantenimiento preventivo de Equipos de Calentamiento									█			█																			
Cálculo de la temperatura líquida de colada de Acero líquido													█	█																	
Aplicación del área de toma de muestra de temperatura																															
Procedimiento funcionamiento de nuevo calentador de cuchara automatizado																															
Reafirmación de Obligaciones del personal de colada continua	█	█			█	█	█	█				█	█	█	█	█	█														

Figura 94. Cronogramas para Auditoria de Aseguramiento

Este calendario se replicó según se consideró conveniente por el grupo de mejora para asegurar el cumplimiento de los procedimientos

establecidos, paulatinamente si fuera necesario se someterá a una revisión dicho cronograma.

Si a lo largo del tiempo de trabajo se llegara a generar una desviación en los objetivos establecidos, se solicitará inmediatamente una reunión con los miembros del equipo de mejora para analizar las causas que están originando la problemática.

## **CAPITULO V**

### **DOCUMENTAR Y DEFINIR NUEVOS PROYECTOS**

La Aplicación de la Ruta de calidad en el proceso de Calentamiento de acero líquido para colada continua, no termina con la mejora del proceso sino implica la identificación de soluciones a nuevos problemas y oportunidades encontradas a lo largo de la ruta.

#### **5.5 Definir problemas restantes**

Un problema casi nunca se resuelve a la perfección, ni las mejoras se logran en su totalidad, como lo hemos evidenciado a lo largo de este proceso de diagnóstico del proceso de calentamiento de acero líquido para la continua en la empresa ADELCA e implementación de la mejora mediante ruta de calidad; por lo tanto considerando toda la información dentro del Equipo de Mejora se ha determinado que no es bueno buscar la perfección o continuar con las mismas actividades sobre un mismo proyecto por mucho tiempo, sino fortalecer los logros obtenidos y continuar estandarizando las mejoras.

Se cumplió el cronograma establecido llegando a la fecha límite para la terminación del proyecto por lo que se consideró importante delimitar actividades. Así la meta no se cumplido en su totalidad, se elaboró una lista

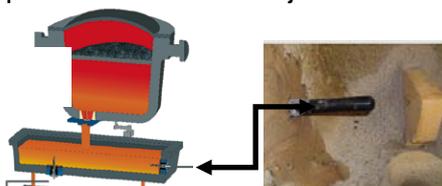
de los problemas o las oportunidades de mejora que se encontraron para proponerlas como futuros proyectos.

Por lo tanto luego de revisar todas las acciones ejecutadas a lo largo de todo el proceso de mejora, en este capítulo se recopiló las oportunidades de mejora con el fin de enriquecer la planeación y ejecución de un ciclo futuro con el fin de comenzar algún nuevo proyecto como aplicación de ruta de la calidad.

*Tabla 55.* Oportunidades generadas en el Proyecto de Ruta de la Calidad

#### **OPORTUNIDAD 1: Lectura continua de temperatura de acero líquido en el *Tundish***

Según el proveedor de medidores de temperatura; en los *Tundish* de acería, se puede implementar el sistema de inmersión de una termocupla fija desechable, diseñada para una medida continua de temperatura, con un sensor sumergido en el *Tundish* directamente en contacto con el acero líquido, el sistema de medición puede considerar la medición de temperatura de sin importar la secuencia de las cucharas, teniendo una repuesta térmica rápida, con bajo costo de inversión y fácil mantenimiento, sin comprometer la seguridad del operador ya que no interviene la mano de obra. La ventaja general es que elimina errores humanos y corrige la suposición de que la temperatura del *Tundish* es homogénea durante el cambio de las cucharas y velocidades de colada indicando la temperatura REAL del flujo del acero líquido



#### **OPORTUNIDAD 2: Diseño experimental de tiempo de giro de torreta.**

Aplicar la técnica estadística de diseño experimental para identificar y cuantificar las causas que intervienen en el tiempo de giro de la torreta, considerando la o las variables vinculadas con este caso, como tonelaje de las cucharas, número de líneas operativas, velocidad de colado, tiempos de operación, tipos de revestimientos, utilización de tapas y escorias aislantes, precalentamiento, agitación con gas inerte, inclusión de ferroaleaciones, etc., a fin de evaluar la temperatura del acero líquido en el *Tundish*

Continúa *Tabla 55* en la siguiente página:

### **OPORTUNIDAD 3: Uso de válvulas CNC**

Las válvulas CNC (Calibrated Nozzles Changer – Intercambiador de buzas calibradas) se emplean para colar el acero líquido sin interrumpir el chorro de acero del *Tundish* a la cuchara, el cual permite una mayor prolongación de la vida del *Tundish*, pues principalmente este se cambia por desgaste de las válvulas cerámicas, para el caso de válvulas CNC, se emplea una válvula hidráulica con placas de abertura de varios milímetros, el cual solo se coloca en la base y es cambiada automáticamente de esta manera se puede regular la velocidad cambiando las válvulas por una serie de aberturas de 10, 12, 12,5, 13, 14 mm y para el cierre de líneas una válvula ciega o sin abertura

### **OPORTUNIDAD 4: Sistema Automático de pesaje de *Tundish***

Para un control del nivel del acero y homogenizar de mejor manera la temperatura, se requiere que el *Tundish* tenga un nivel constante de acero, esto se logra con un sistema automático de pesaje el cual está constituido por unas celdas de carga que controlan el peso establecido de *Tundish* (considerando el nivel de acero) mediante el control de la válvula gaveta que se mediante impulsos eléctricos que se abre y cierra permitiendo que el acero líquido aumente o disminuya su flujo desde la cuchara hacia el *Tundish*. Este punto está relacionado directamente con la velocidad de colado, pues a mayor velocidad, más rápido se vacía el *Tundish*, si la velocidad es menor el nivel de acero se mantiene, por la presión ferrostática que ejerce el acero líquido; por lo que con esta premisa se debe considerar el tiempo de permanencia del acero líquido en el distribuidor.

### **OPORTUNIDAD 5: Revestimiento refractario de *Tundish* y de Cucharas**

Considerando el exigente rol que cumplen los recipientes de almacenamiento de acero líquido tales como cucharas y *Tundish*, al resistir el choque térmico ocasionado por altas temperaturas del material; como oportunidad de mejora se pretende revisar la composición de los materiales refractarios que se aplican en la línea de escoria, fondo y pared de las cucharas, para esto con la asesoría de la empresa fabricante poseedores del conocimiento metalúrgico y la tecnología de desarrollo considerando la elección de estos revestimientos por aspectos económicos y desempeño en el proceso productivo. Asociado a este tema se va revisar la curva de calentamiento de *Tundish* y de Cucharas.

### **OPORTUNIDAD 6: Diseño nuevo Inhibidor de turbulencia acorde al *Tundish***

En la prueba realizada con el inhibidor de turbulencia en el área de acería el cual fue diseñado por el personal de refractarios se tuvo un costo elevado por el uso de material, lo que dificultó continuar con la prueba al realizar la relación costo beneficio. Para realizar otra prueba con este sistema y reducir la turbulencia que genera el chorro del acero se solicitaría al proveedor de refractarios que elabore una pieza acorde al tipo de producto que estamos fabricando en conjunto con el diseño del *Tundish* de manera de buscar el equilibrio en la relación costo beneficio, y utilizar una pieza fabricada por el proveedor con material resistente al desgaste por choque térmico que permita amortiguar el chorro del acero líquido que cae directamente de la cuchara y homogenizar el acero que cae del *Tundish* o Distribuidor

## **5.6 Reflexión sobre el proceso realizado**

El grupo de mejora en una de sus reuniones hizo una revisión rápida de los resultados obtenidos, con todos los miembros que participaron directa o indirectamente del proceso, se observó una gran mejora en el desempeño del proceso de control de temperatura de acero líquido en el *Tundish* y se espera paulatinamente cumplir el objetivo establecido. En cuanto al proceso de mejora continua implementado en el calentamiento de acero líquido en el *Tundish* se concluyó que todas las actividades establecidas fueron ejecutadas, la única que fue suspendida por decisión de la Dirección Técnica y el grupo de mejora continua, fue el elaborar un nuevo Inhibidor de Turbulencia en el *Tundish*, por la relación costo beneficio que se obtuvo de la misma.

Las Actividades se fueron prolongado alrededor de 2 semanas más de lo planificado, pero se las llevaron a cabo, la actividad que toma más tiempo fue la de involucrar al personal en la creación de una cultura de trabajo para la ejecución de sus actividades, cada una de estas diseñadas a la realidad de esta área.

Se observó el gráfico la evolución de estas actividades considerando el tiempo planificado y el tiempo real.

## **5.7 Informe sobre el proceso realizado y los resultados obtenidos**

Se sintetizó el informe sobre lo realizado en el proceso:

Figura 95. Evaluación de la Ruta de la Calidad

 <b>INFORME RUTA DE LA CALIDAD</b>																																																			
<b>PROYECTO</b>	MEJORA DEL PROCESO DE CALENTAMIENTO DE ACERO LIQUIDO PARA LA COLADA CONTINUA EN LA EMPRESA ADELCA																																																		
<b>OBJETIVO O META</b>	Reducir a 15°C la variabilidad de la temperatura de Acero líquido tomada en <i>Tundish</i> , para el proceso de Colada Continua. (1545°C a 1560°C)																																																		
<b>PARTICIPANTES</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>FUNCION</th> <th>NOMBRE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Líder del Proyecto</td> <td>Andrea Paulina Gualotuña</td> </tr> <tr> <td>Auditor del Proyecto</td> <td>José Luis Almeida</td> </tr> <tr> <td>Asesor de Procesos</td> <td>Marco Cárdenas, Alicia Díaz, Ivo Damer</td> </tr> <tr> <td>Participantes</td> <td>Franklin Barros, Paúl Tipán, Javier Toaquiza, Darwin Uvillus, André Cabrera, Diego Alarcón</td> </tr> <tr> <td>Responsable de Área (Eléctrico-Electrónico)</td> <td>Jorge Chamorro</td> </tr> <tr> <td>Responsable de Área (Mecánico)</td> <td>Fabián Criollo</td> </tr> </tbody> </table>	FUNCION	NOMBRE	Líder del Proyecto	Andrea Paulina Gualotuña	Auditor del Proyecto	José Luis Almeida	Asesor de Procesos	Marco Cárdenas, Alicia Díaz, Ivo Damer	Participantes	Franklin Barros, Paúl Tipán, Javier Toaquiza, Darwin Uvillus, André Cabrera, Diego Alarcón	Responsable de Área (Eléctrico-Electrónico)	Jorge Chamorro	Responsable de Área (Mecánico)	Fabián Criollo																																				
	FUNCION	NOMBRE																																																	
	Líder del Proyecto	Andrea Paulina Gualotuña																																																	
	Auditor del Proyecto	José Luis Almeida																																																	
	Asesor de Procesos	Marco Cárdenas, Alicia Díaz, Ivo Damer																																																	
	Participantes	Franklin Barros, Paúl Tipán, Javier Toaquiza, Darwin Uvillus, André Cabrera, Diego Alarcón																																																	
Responsable de Área (Eléctrico-Electrónico)	Jorge Chamorro																																																		
Responsable de Área (Mecánico)	Fabián Criollo																																																		
<b>CRONOGRAMA</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>2012</th> <th>Marzo</th> <th>Abril</th> <th>Mayo</th> <th>Junio</th> <th>Julio</th> <th>Agosto</th> <th>Septiembre</th> <th>Octubre</th> <th>Noviembre</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PLANEAR</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>HACER</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>VERIFICAR</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ACTUAR</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	2012	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	PLANEAR										HACER										VERIFICAR										ACTUAR									
	2012	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre																																									
	PLANEAR																																																		
	HACER																																																		
	VERIFICAR																																																		
ACTUAR																																																			
<b>ACTIVIDADES EJECUTADAS</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ACTIVIDADES PROPUESTAS</th> <th>ACTIVIDADES EJECUTADAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Garantizar la calibración de equipos de toma muestra de temperatura y revisión de área de toma de muestra</td> <td>se ha calibrado los equipos de toma muestra de temperatura Se ha entrenado al personal para la toma de muestra de Temperatura en Acero en <i>Tundish</i></td> </tr> <tr> <td>Cálculo de la temperatura líquidas de colada de Acero líquido</td> <td>Se ha elaborado una fórmula de Cálculo de la temperatura líquidas de colada de Acero líquido la cual es aplicada por el Colador 1 Cabina Los calentadores de Cuchara y de <i>Tundish</i> están en perfectas condiciones de funcionamiento, Se ha elabora la curva de Operación de los calentadores de <i>Tundish</i> y Cucharas</td> </tr> <tr> <td>Reafirmación de las Obligaciones del personal de colada continua</td> <td>El personal involucrado con el proceso de calentamiento de acero líquido, ha revisado sus funciones y se ha afianzado en la ejecución de las mismas en colada continua</td> </tr> <tr> <td>Adquisición de un nuevo calentador de cuchara automatizado</td> <td>Se ha adquirido el nuevo calentador de cuchara automatizado, se ha elaborado el proceso de encendido y funcionamiento</td> </tr> <tr> <td>Inhibidor de Turbulencia para homogenización de temperatura en <i>Tundish</i></td> <td>Se hizo una prueba con el inhibidor de turbulencia, pero al considerar el costo/resultados el grupo de mejora consideró conveniente no ejecutar más pruebas</td> </tr> <tr> <td>Elaborar Plan de mantenimiento preventivo de Equipos de Calentamiento</td> <td>Se ha elaborado y se está ejecutando el Plan de mantenimiento preventivo de Equipos de Calentamiento de <i>Tundish</i> y Cucharas</td> </tr> </tbody> </table>	ACTIVIDADES PROPUESTAS	ACTIVIDADES EJECUTADAS	Garantizar la calibración de equipos de toma muestra de temperatura y revisión de área de toma de muestra	se ha calibrado los equipos de toma muestra de temperatura Se ha entrenado al personal para la toma de muestra de Temperatura en Acero en <i>Tundish</i>	Cálculo de la temperatura líquidas de colada de Acero líquido	Se ha elaborado una fórmula de Cálculo de la temperatura líquidas de colada de Acero líquido la cual es aplicada por el Colador 1 Cabina Los calentadores de Cuchara y de <i>Tundish</i> están en perfectas condiciones de funcionamiento, Se ha elabora la curva de Operación de los calentadores de <i>Tundish</i> y Cucharas	Reafirmación de las Obligaciones del personal de colada continua	El personal involucrado con el proceso de calentamiento de acero líquido, ha revisado sus funciones y se ha afianzado en la ejecución de las mismas en colada continua	Adquisición de un nuevo calentador de cuchara automatizado	Se ha adquirido el nuevo calentador de cuchara automatizado, se ha elaborado el proceso de encendido y funcionamiento	Inhibidor de Turbulencia para homogenización de temperatura en <i>Tundish</i>	Se hizo una prueba con el inhibidor de turbulencia, pero al considerar el costo/resultados el grupo de mejora consideró conveniente no ejecutar más pruebas	Elaborar Plan de mantenimiento preventivo de Equipos de Calentamiento	Se ha elaborado y se está ejecutando el Plan de mantenimiento preventivo de Equipos de Calentamiento de <i>Tundish</i> y Cucharas																																				
	ACTIVIDADES PROPUESTAS	ACTIVIDADES EJECUTADAS																																																	
	Garantizar la calibración de equipos de toma muestra de temperatura y revisión de área de toma de muestra	se ha calibrado los equipos de toma muestra de temperatura Se ha entrenado al personal para la toma de muestra de Temperatura en Acero en <i>Tundish</i>																																																	
	Cálculo de la temperatura líquidas de colada de Acero líquido	Se ha elaborado una fórmula de Cálculo de la temperatura líquidas de colada de Acero líquido la cual es aplicada por el Colador 1 Cabina Los calentadores de Cuchara y de <i>Tundish</i> están en perfectas condiciones de funcionamiento, Se ha elabora la curva de Operación de los calentadores de <i>Tundish</i> y Cucharas																																																	
	Reafirmación de las Obligaciones del personal de colada continua	El personal involucrado con el proceso de calentamiento de acero líquido, ha revisado sus funciones y se ha afianzado en la ejecución de las mismas en colada continua																																																	
	Adquisición de un nuevo calentador de cuchara automatizado	Se ha adquirido el nuevo calentador de cuchara automatizado, se ha elaborado el proceso de encendido y funcionamiento																																																	
	Inhibidor de Turbulencia para homogenización de temperatura en <i>Tundish</i>	Se hizo una prueba con el inhibidor de turbulencia, pero al considerar el costo/resultados el grupo de mejora consideró conveniente no ejecutar más pruebas																																																	
Elaborar Plan de mantenimiento preventivo de Equipos de Calentamiento	Se ha elaborado y se está ejecutando el Plan de mantenimiento preventivo de Equipos de Calentamiento de <i>Tundish</i> y Cucharas																																																		
<b>RESULTADOS OBTENIDOS</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>OBJETIVO</th> <th>ANTES</th> <th>AHORA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Reducir a 15°C la variabilidad de la temperatura de acero líquido tomada en <i>Tundish</i>, para el proceso de Colada Continua.</td> <td>71°C</td> <td>21°C</td> </tr> <tr> <td>Rango Temperatura 1545 a 1560 °C</td> <td>1535-1606 °C</td> <td>1542-1563 °C</td> </tr> </tbody> </table>	OBJETIVO	ANTES	AHORA	Reducir a 15°C la variabilidad de la temperatura de acero líquido tomada en <i>Tundish</i> , para el proceso de Colada Continua.	71°C	21°C	Rango Temperatura 1545 a 1560 °C	1535-1606 °C	1542-1563 °C																																									
	OBJETIVO	ANTES	AHORA																																																
	Reducir a 15°C la variabilidad de la temperatura de acero líquido tomada en <i>Tundish</i> , para el proceso de Colada Continua.	71°C	21°C																																																
Rango Temperatura 1545 a 1560 °C	1535-1606 °C	1542-1563 °C																																																	

Figura 96. Informe de la Ruta de la Calidad

## **5.8 Evaluación de la Ruta de Calidad aplicada**

A lo largo de la ejecución de la Ruta de la Calidad se compartió experiencias con el grupo de trabajo para medir el desempeño del mismo y la efectividad de cada uno de los miembros.

Para medir el trabajo de los grupos de mejora, se necesitó un estándar de evaluación que pudo hacerse a través del siguiente análisis, donde cada criterio cubierto correctamente se evaluó por 25 puntos y se fueron sumando al final.

Esta gráfica permitió analizar un tema desde diferentes puntos de vista, para posteriormente examinar los resultados de una forma conjunta, por lo tanto se tuvo un conjunto de datos múltiples integraron esta gráfica para visualizar los datos de la situación que se está evaluando.

En resumen la participación del grupo de trabajo frente a las actividades consideradas dentro de los pasos de la Ruta de la Calidad

 <b>CRITERIOS PARA EVALUAR LOS CASOS DE RUTA CRITICA</b>					
PASOS DE LA RUTA	CRITERIOS A EVALUAR				TOTAL
1.- Definir el proyecto	Se selecciono el tema del proyecto mediante priorización <input checked="" type="checkbox"/> 25	Se justifica el proyecto <input checked="" type="checkbox"/> 25	Se define la meta a lograr <input checked="" type="checkbox"/> 25	Se define un plan para alcanzar la meta <input checked="" type="checkbox"/> 25	100
2.- Describir la situación actual	Se Utiliza adecuadamente la estratificación <input checked="" type="checkbox"/> 25	Se define claramente un programa de recolección de datos <input checked="" type="checkbox"/> 25	Se cumplen graficas para representar los graficos <input checked="" type="checkbox"/> 25	Se utiliza información cuantificable y no cuantificable <input checked="" type="checkbox"/> 25	100
3.- Analizar hechos y datos para identificar causa raíz	Se aplica adecuadamente las herramientas para determinar causas probables (diagrama causa-efecto, diagrama de flujo de procesos) <input checked="" type="checkbox"/> 25	Se utilizan hechos y datos para detectarlas causas potenciales se utiliza diagrama de pareto de dispersión de histogramas <input checked="" type="checkbox"/> 25	Se utiliza el diagrama causa y efecto de analisis de dispersión para analizar las causas raíz <input checked="" type="checkbox"/> 25	Se utiliza la experimentación para validar las causas raíz <input type="checkbox"/> 25	75
4.- Establecer acciones para eliminar las causas raíz	Se definen varias propuestas de acción para causa raíz y se selecciona la más variable <input checked="" type="checkbox"/> 25	Se diseña un plan de ejecución para las acciones <input checked="" type="checkbox"/> 25	Se diseña un plan de recolección de datos para el seguimeinto <input checked="" type="checkbox"/> 25	Se diseña un plan de contingencia <input checked="" type="checkbox"/> 25	100
5.- Ejecutar las acciones establecidas	Se comunican las acciones establecidas a los involucrados <input checked="" type="checkbox"/> 25	Se educa y entrena a los involucrados <input checked="" type="checkbox"/> 25	Las acciones establecidas se ejecutan de acuerdo al plan <input checked="" type="checkbox"/> 25	Se recolecta datos durante la ejecución y al final <input checked="" type="checkbox"/> 25	100
6.- Verificar los resultados	Se da seguimeinto al plan y se analiza los resultados parciales <input checked="" type="checkbox"/> 25	Se comparan los resultados finales contra la meta <input checked="" type="checkbox"/> 25	Se compara gráficamente el antes con el después utilizando las mismas <input checked="" type="checkbox"/> 25	Se incluye resultados adicionales sobre el trabajo del grupo de mejora <input checked="" type="checkbox"/> 25	75
7.- estadarizar	Se establecen los procedimientos estandares de trabajo <input checked="" type="checkbox"/> 25	Se comunica a todos los involucrados todos los procedimientos <input checked="" type="checkbox"/> 25	Se educa y entrena a los involucrados <input checked="" type="checkbox"/> 25	Se establece un sistema de aseguramiento de calidad <input checked="" type="checkbox"/> 25	100
8.- Definir nuevos proyectos	Se identifica los problemas restantes y se decide que hacer con ellos <input type="checkbox"/> 25	Se presenta el informe del caso de acuerdo a los 8 pasos de la ruta de la calidad <input checked="" type="checkbox"/> 25	Se hace una reflexión sobre el proceso realizado <input checked="" type="checkbox"/> 25	Se define nuevos problemas para atacarlo con la metodología de la ruta de la calidad <input checked="" type="checkbox"/> 25	75
GRAN TOTAL					725

Figura 97. Criterios para la Evaluación de la Ruta de la calidad

Tabla 56. Evaluación de la Ruta de la Ruta de la Calidad

¿Qué Hacer?	Paso de la Ruta	Calificación
Planear	1. Definir el Proyecto	100
	2. Describir la Situación Actual	100
	3. Analizar Hechos y Datos	75
	4. Establecer Acciones	100
Hacer	1. Ejecutar las acciones establecidas	100
Verificar	2. Verificar los resultados	75
Actuar	1. Estandarizar	100
	2. Documentar y definir nuevos proyectos	75

En el paso de analizar hechos y datos para identificar causa raíz, estuvo pendiente profundizar más en la utilización de la experimentación para validar las causas-raíz, en la verificación de resultados, no se incluyó resultados adicionales sobre el trabajo del grupo de mejora, en el paso de defición de nuevos proyectos, se identificó los problemas.

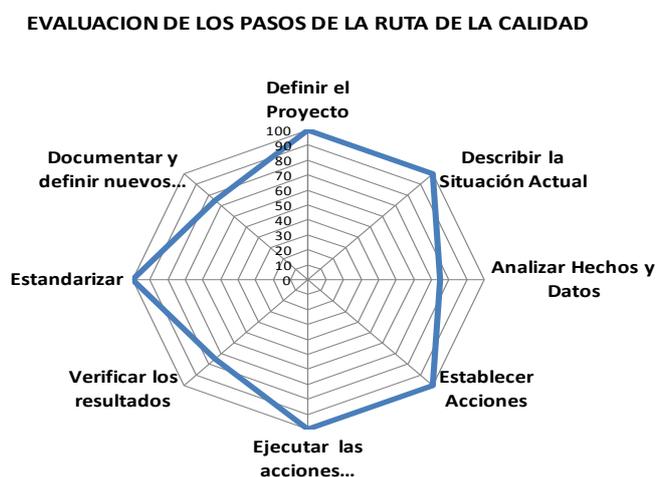
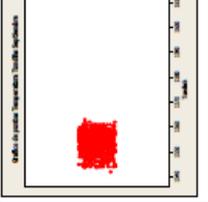
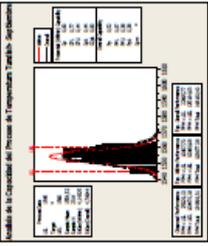
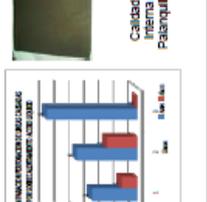
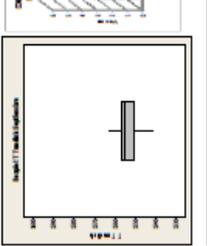
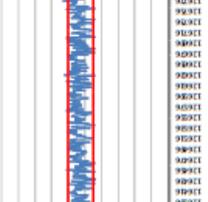
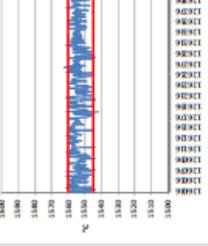
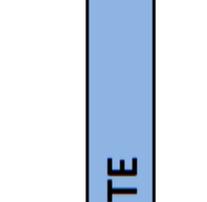
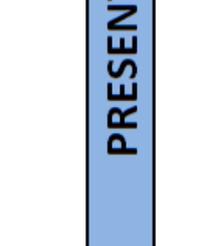


Figura 98. Evaluación de los pasos de la ruta de calidad

#### **5.4.1 Reporte tres generaciones**

Se elaboró el reporte tres generaciones para representar el nivel de evolución de los problemas luego de la aplicación de las acciones de mejora, mostrando tanto los buenos como malos resultados obtenidos.

En el reporte 3 generaciones se observó el comportamiento en el antes, una realidad presente y la proyectada hacia el futuro con las propuestas que aplicaron en Acería del Ecuador C.A. ADELCA para contribuir a la mejora del procesos.

		Item de Control	Temperatura de Acero líquido en Tundish Temperatura fuera especificación (1545-1560 °C)	Area	Colada Continua nov-12
Problema				Fecha	
ACCIONES PLANEADAS	ACCIONES EJECUTADAS	RESULTADOS	PUNTOS PROBLEMATICOS	PROPUESTAS DE SOLUCION	
1. Garantizar la calibración de equipos de toma muestra de temperatura y revisión de área de toma de muestra	se ha calibrado los equipos de toma muestra de temperatura Se ha entrenado al personal para la toma de muestra de Temperatura en Acero en Tundish	 	Lectura manual de la Temperatura de Acero Líquido en Tundish	Lectura continua de temperatura de acero líquido en el tundish	
2. Cálculo de la temperatura líquidas de colada de Acero líquido	Se ha elaborado una fórmula de Cálculo de la temperatura líquidas de colada de Acero líquido la cual es aplicada por el Colador 1 Cabina	 	Combinación de variables que influyen en el tiempo de giro de la torreta	Diseño experimental de tiempo de giro de torreta.	
3. Operatividad de los calentadores de Cuchara y de Tundish	Los calentadores de Cuchara y de Tundish están en perfectas condiciones de funcionamiento Se ha elabora la curva de Operación de los calentadores de Tundish y Cucharas	 	Deterioro de válvulas de tundish por desgaste por apertura y cierre de líneas	Uso de válvulas CNC	
4. Reafirmación de Obligaciones del personal de colada continua	El personal involucrado con el proceso de calentamiento de acero líquido, ha revisado sus funciones y se ha afianzado en la ejecución de las mismas en colada continua	 	Variación de la velocidad de colado por el flujo de acero que circula en el Tundish	Sistema Automático de pesaje de Tundish para el control de velocidad de líneas	
5. Adquisición de un nuevo calentador de cuchara automatizado	Se ha adquirido el nuevo calentador de cuchara automatizado, se ha elaborado el proceso de encendido y funcionamiento	 	Resistencia del material refractario de los recipientes de almacenamiento temporal de acero líquido	Revestimiento refractario de Tundish y de Cucharas	
6. Inhibidor de Turbulencia para homogenización de temperatura en Tundish	Se hizo una prueba con el inhibidor de turbulencia, pero al considerar el costo/resultados el grupo de mejora consideró conveniente no ejecutar mas pruebas		Efecto de turbulencia generado por el chorro de acero líquido en el Tundish	Diseño de un nuevo inhibidor de turbulencia acorde al Tundish	
7. Elaborar Plan de mantenimiento preventivo de Equipos de Calentamiento Cucharas	Se ha elaborado y se está ejecutando el Plan de mantenimiento preventivo de Equipos de Calentamiento de Tundish y Cucharas				

**PASADO**

**PRESENTE**

**FUTURO**

Figura 99. Reporte 3 Generaciones

## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De la aplicación de la Ruta de la Calidad aplicada al proceso de calentamiento de Acero para la colada Continua de la empresa Acería del Ecuador C.A. ADELCA, se ha concluido lo siguiente:

#### 6.3 CONCLUSIONES

- Para lograr el mejoramiento del proceso de calentamiento de acero líquido, varias herramientas de la Gestión de la calidad fueron aplicadas ya que permiten diagnosticar adecuadamente el proceso productivo crítico, tal como lo establece la metodología de la Ruta de la Calidad y de esta forma analizar las principales causas que generan su problema de variabilidad.
- La Ruta de la Calidad proporciona las bases para la aplicación y la gestión eficaz de actividades orientadas a resolver los problemas relacionados con la inestabilidad de un proceso, en este caso el de calentamiento de Acero Líquido para colada Continua, lo cual permite aprovechar las oportunidades, fortalecer a la organización y reducir los efectos de las debilidades y amenazas.

- Acciones como: garantizar la calibración de equipos de toma de muestra de temperatura, la operatividad de los calentadores de cuchara y de *Tundish*, establecer una fórmula básica para el cálculo de temperatura de Acero líquido, adquirir un nuevo calentador de cuchara automatizado junto a un plan de mantenimiento preventivo de los equipos de calentamiento han permitido reducir la variabilidad de la temperatura de acero líquido en *Tundish*, además de ayudar a conservar adecuadamente la maquinaria y equipo; reafirmar las obligaciones del personal de colada continua, propiciando una cultura de mejora continua en el área de Fundición.
- Al reducir la variabilidad del proceso de calentamiento de Acero líquido mediante la Ruta de la Calidad se logró que la temperatura de acero líquido en *Tundish* esté dentro de los límites de control lo que garantizó que el sistema automatizado de enfriamiento primario y secundario de colada continua, extraiga el calor uniformemente a lo largo del lingote y se eviten la formación de defectos internos en la palanquilla.
- Los resultados de la implementación de la Ruta de Calidad en el proceso de calentamiento del acero líquido para colada continua permitió mejorar la situación de la empresa ACERIA DEL ECUADOR C.A. ADELCA al estabilizar y estandarizar dicho proceso, evitando pérdidas por solidificación prematura, pérdidas de equipos (Cuchara, *Tundish*), que coadyuvó a mejorar la calidad interna de la palanquilla al mismo tiempo que se mejoró también el desempeño del recurso humano.

- El recurso humano de ACERIA DEL ECUADOR C.A. ADELCA, jugó un papel importante a lo largo del proceso de implementación de la Ruta de la Calidad ya que ofrecieron la apertura necesaria y se habituaron a una cultura de trabajo en equipo, creando un ambiente de confianza al momento de desempeñar sus actividades logrando la estandarización de las mejoras obtenidas en el proceso de calentamiento de Acero líquido para la Colada Continua.
- La ruta de la Calidad aplicada en el proceso de calentamiento de acero líquido en *Tundish* en la empresa ACERIA DEL ECUADOR C.A. ADELCA reflejó una metodología para la mejora continua, siendo un proceso reiterativo de cada ciclo ya que se requiere de una metodología para “hacer girar” el Ciclo de Deming (Planear, Hacer, Verificar y Actuar).
- Un sobre calentamiento del acero líquido en *Tundish* genera grietas internas en la palanquilla, afectando la calidad interna del producto, pudiendo causar la perforación de líneas o del recipiente refractario, siendo un grave riesgo para el personal que trabaja en el área.
- Se ha expuesto que un programa de capacitación teórica-práctica sobre Ruta de la Calidad enfocada al proceso de calentamiento de Acero líquido en la colada continua, junto a un proceso efectivo y continuo de comunicación, permitió que el recurso humano de esta empresa asuma su compromiso de participación dentro de la implementación y desarrolle

la creatividad y conocimientos técnicos para la búsqueda de soluciones a los problemas detectados.

- La cultura organizacional que “vive” el personal de Acería del Ecuador C.A. ADELCA, es de Estilo Constructivo o una Cultura de Logro, orientada hacia los resultados, valora la competitividad, iniciativa personal y el trabajo en equipo para lograr resultado lo que se refleja en el nivel de producción y productividad del área.
- Para iniciar un proceso de mejora continua en una empresa se debe contar con la decisión y el apoyo humano, material y financiero por parte de los directivos de la organización, quienes deben estar consientes de la inversión que debe realizarse para mitigar sus principales problemas tanto en el aspecto económico, tiempo de asignación y capacitación del personal, para mejorar continuamente.
- Una vez que una empresa se embarca en la mejora continua, nunca podrá permanecer estática, o considerar que ha alcanzado la cima en lo que a los logros en la calidad se refiere, seguirá generando nuevos proyectos para trabajar con los equipos de mejora.
- La disciplina es el canal para fomentar una cultura de trabajo en las actividades establecidas y el mejoramiento continuo, lo que implica el respeto por sí mismo y por los demás, así como el respeto por las normas y procedimientos establecidos para garantizar el éxito de la Ruta de

Calidad. La Cultura de Trabajo es la parte más importante en cualquier proceso de mejora.

- Con la implementación de las actividades establecidas en la Ruta de la Calidad en la empresa ACERIA DEL ECUADOR C.A. ADELCA se evidencia que esta es una metodología con una secuencia normalizada de actividades utilizadas para solucionar problemas o llevar a cabo cualquier proyecto de mejora en cualquier área de trabajo, tal como lo refleja los resultados obtenidos.

#### **6.4 RECOMENDACIONES**

- Es fundamental concientizar al personal de la empresa sobre la importancia que tienen las actividades que se realizan durante la toma de tiempos para que los datos recopilados reflejen la realidad del proceso productivo y así generar un diagnóstico adecuado y veraz.
- Se debe dar una amplia difusión del apoyo que la alta gerencia está dando en la implementación del proyecto de mejora continua y hacer notar que se trata de un cambio permanente de proceso y de cultura de trabajo.
- Buscar siempre el apoyo del personal operativo y de los técnicos de mantenimiento y refractarios quienes conocen perfectamente los procesos

que llevan a cabo y son los que ofrecen ideas y soluciones para mejorarlos haciendo propios los objetivos establecidos en el proceso de mejora.

- Los miembros del Equipo de Mejora deben visitar constantemente el área de trabajo, para que se fomente la comunicación continua con el personal y conozcan sus inquietudes que en el trabajo diario, además de verificar si están aplicando adecuadamente las actividades establecidas en la Ruta de Calidad.
- Efectuar cumplidamente todas y cada una de las reuniones establecidas llevando el acta de respaldo, para verificar los seguimientos a las actividades y conocer oportunamente los retrasos que existieren.
- Realizar una toma de tiempos semestral del proceso de calentamiento de acero líquido en *Tundish* para evaluar continuamente la aplicación de las actividades implementadas a lo largo de la ruta de la calidad y reconocer oportunidades de mejora futuras.
- Se debe diseñar los documentos y formularios de acuerdo a las necesidades y requerimientos de la empresa considerando el uso “amigable” de estos para el ingreso de datos por parte del personal.
- Concientizar al personal que la Ruta de Calidad en el proceso de Calentamiento de acero líquido para colada continua, no termina con el

cumplimiento de los objetivos del proceso sino que es el inicio de un camino de mejora, siendo este un ciclo repetitivo.

- El grupo de mejora continua debe proporcionar los medios necesarios y motivar constantemente al personal para que apliquen y mejoren continuamente las actividades que ha sido implementados a lo largo de la Ruta de la calidad para lograr altos niveles de desempeño en su trabajo, especialmente en la fase de estandarización.
- Todos los miembros del grupo de mejora, desde personal operativo, administrativo y a nivel de altos directivos, deben cumplir siempre las reglas y normas establecidas para que las actividades implementadas en la Ruta de la Calidad alcancen los objetivos establecidos y se mantengan a lo largo del tiempo.
- Establecer en forma conjunta los objetivos del Proyecto de Mejora que se desean alcanzar, pues uno de los grandes errores consiste en pretender que la gente trabaje en base a objetivos ya planteados, sin “aterrizarlos” a cada uno de las actividades concretas de los puestos de trabajo.
- Suspender en consenso con todo el grupo de trabajo, la o las actividades planteadas en la planificación de la Ruta de la Calidad, si esta o estas no compensan la relación costo beneficio o no está contribuyendo a la mejora continua, comunicando oportunamente a los involucrados del proceso sobre el motivo de la decisión tomada.

- Facilitar al personal y a los directivos de la empresa una primera aproximación a la metodología de la Ruta de la Calidad con un programa de capacitación adecuada que proporcione las bases de trabajo para todo el equipo de mejora.
- Actualizar constantemente los registros y documentos ya establecidos a lo largo de la implementación de la Ruta de la Calidad, de acuerdo a las necesidades que se vayan presentado.
- Generar empoderamiento en el equipo de trabajo, motivar a los líderes en cada área, formalizar con los directivos las nuevas responsabilidades del personal, y otorgarles la capacidad de tomar decisiones con el acompañamiento de los jefes de área.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chevrant L., (2010). *Curso de Colada Continua*. São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais ABM.
- Madias J., (2011). *Curso de Colada Continua*. Rosario: Metallon.
- Mariño H., (2001). *Gerencia de Procesos*. Bogotá: Alfaomega.
- Martin A., (2011). *Curso de Colada Continua*. Buenos Aires: Instituto Argentino de Siderurgia.
- Matías M., (1995). *Las 7 Herramientas Administrativas*. Monterrey: ITEMS Centro de Calidad.
- Peralta G., (2004). *De la filosofía de la calidad al sistema de mejora continua*. México: Panorama.
- Poler R, Mula J., (2011) *Gestión de la calidad total y mantenimiento productivo total en la fabricación de alto rendimiento*. España: Repositorio ESPE
- Pozo A., (1996). *La Ruta de la Calidad y las 7 Herramientas Básicas*. México: ITEMS Centro de Calidad.

- Richard J., (2003). *The Making, Shaping and Treating of Steel*. Pittsburgh: AISE Steel Foundation
- Roure J., MOÑINO M., Rodríguez M. (1997). *La Gestión Estratégica de los Procesos*. Barcelona: Ediciones IESE.
- Summers D., (2006). *Administración de la Calidad*. México: Pearson Educación.
- Vilar J., (1999). *Cómo mejorar los procesos en su empresa*. Madrid: Editorial Confemetal

**Websites: recuperado en las siguientes páginas**

- <http://www.adelca.com>
- <http://www.electronite.com>
- <http://www.espectrometria.com>
- <http://es.kioskea.net/contents/qualite/qualite-introduction>
- <http://www.labea.com/upload/CALENT.CUCHARAS>
- <http://www.refra.com/cms/es/170/Concepciones-para-cuchara-colada-acero>

- <http://repositorio.espe.edu.ec/>
- [http://es.wikipedia.org/wiki/AISI-SAE.](http://es.wikipedia.org/wiki/AISI-SAE)
- <http://web.ebscohost.com/ehost>
- <http://www.worldsteel.org>

## GLOSARIO

**ACERO LÍQUIDO:** acero sometido a temperaturas mayores a 1535°C para que se funda y se encuentre en estado líquido.

**BARRA FALSA:** es un conjunto de eslabones unidos entre sí de ciertas características. Para el caso de ADELCA 17 eslabones largos, 3 cortos y un eslabón especial.

**BUZA:** placa con orificio de zirconio por donde fluye el acero

**CALIBRACIÓN:** acción que permite fijar o determinar los rangos de trabajo del sensor radiactivo de nivel (nivel alto y nivel bajo) que mide el nivel del acero en colada continua.

**CALENTADOR:** equipo con uso de GLP sirve para generar llamas controladas que permite calentar el refractario de un recipiente.

**CIERRE DE LÍNEA:** es la acción que realiza el Colador 2 para bloquear el chorro de acero mediante el uso de un tapón

**CNC (Calibrated Nozzles Changer – Intercambiador de buzas calibradas):** sistema que sirve para intercambiar las buzas del *Tundish* sin detener el colado del acero líquido.

**COLADA:** es la cantidad de acero líquido contenido en una cuchara, obtenido de la fusión de materias primas como la chatarra.

**COLADA CONTINUA:** pasar el acero líquido del *Tundish* a la lingotera, de una forma continua sin interrupción logrando una palanquilla que puede tener largas longitudes.

**CUCHARA:** recipiente de estructura metálica, de forma cilíndrica, revestida con ladrillos refractarios de ciertas características, la cual se usa para recibir el acero líquido que se obtiene en el vaciado del Horno Eléctrico.

**HOMOGENIZACIÓN:** agitación del acero con la finalidad de uniformizar la composición química y temperatura de la colada.

**HORNO CUCHARA:** equipo electromecánico donde se realiza el ajuste de la composición química y temperatura del acero.

**INHIBIDOR DE TURBULENCIA:** pieza refractaria tipo cajón utilizadas en los *Tundish*, que se ubica en la zona de la caída del chorro de acero líquido de la cuchara. También se emplea para reducir la erosión en la zona de impacto y minimizar la turbulencia.

**LÍNEA DE COLADA:** es una unidad operativa con un conjunto de equipos instalados en serie en el que se realiza el proceso de transformación del acero líquido a sólido.

**LINGOTAMIENTO CONTINUO:** acción de colar el acero en forma continua.

**LINGOTERA:** molde de cobre eléctrico el cual es utilizado para la formación de las palanquillas a través del paso del acero líquido a sólido.

**MACROGRAFIA:** Técnica de análisis de la textura de los metales, después de haber sido sometidos en ácido clorhídrico la cual permite conocer los defectos o grietas internas generadas en el proceso de solidificación.

**PALANQUILLA:** producto terminado que se obtiene luego del proceso de transformación del acero líquido a sólido, es la materia prima para la fabricación de productos laminados en caliente.

**PORTA TUNDISH:** soporte para colocar el *Tundish* durante el proceso de calentamiento y/o secado.

**PRESION FERROSTATICA:** Fuerza que ejerce por unidad de superficie el acero líquido que tiende a mover o comprimirlo en el *Tundish*.

**PRODUCTO SEMIELABORADO:** es un paso intermedio entre una materia prima y un bien de consumo, en este caso la palanquilla es la materia prima para la fabricación de la varilla.

**RECHUPE:** clasificado como un defecto en palanquilla, es una cavidad en el centro de la palanquilla que puede presentarse durante la colada y es

consecuencia de no haber más acero para llenar la parte central de la barra en el proceso de solidificación.

**ROMBOSIDAD:** es el defecto que distorsiona los ángulos rectos de la palanquilla

**SECUENCIA:** práctica que permite efectuar el colado del acero de 2 o más coladas en forma continua.

**SISTEMA BAAN:** es un ERP (Planificador de Recursos Empresariales) utilizado en ADELCA, este software, permite hacer valoraciones de costos de fabricación, rutas, estructuras; además ofrece todos los módulos necesarios, financiero, manufactura, servicios, administración bodegas, etc.

**SISTEMA DE ENFRIAMIENTO PRIMARIO:** agua utilizada para refrigerar la lingotera de cobre para dar lugar al paso del acero del estado líquido a estado sólido.

**SISTEMA DE ENFRIAMIENTO SECUNDARIO:** Conjunto de boquillas que enfrían la palanquilla desde su salida de la lingotera.

**TAPÓN:** cordón de cobre acondicionado para ser introducido en las buzas y sellar la salida del acero líquido.

**TERMOCUPLAS:** medio de medición destinado a proporcionar una indicación del valor de la magnitud medida, en este caso temperatura.

**TEMPERATURA LIQUIDUS:** es la temperatura que aparece después del primer sólido, para obtener una fase totalmente líquida, se debe calentar el acero por encima del líquidus.

**TORRETA GIRATORIA PORTA CUCHARA:** Equipo electromecánico que permite la recepción y manipulación de la cuchara en la máquina de Colada.

**TUNDISH:** recipiente metálico de forma rectangular y delta, revestido interiormente por materiales refractarios diseñado para contener acero líquido; tiene 3 buzas por donde se distribuye el acero a las lingoteras.

# ANEXOS