



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**MANUAL DE MANTENIMIENTO DE MOLINOS DE LAMINACIÓN POMINI
FARREL TIPO RR-G1 PARA EL LAMINADOR DE BARRAS INDETA
CORPORACIÓN ACEROS DE GUATEMALA**

Mario Alberto Valenzuela García

Asesorado por MA. Carlos Enrique Chicol Cabrera

Guatemala, febrero de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MANUAL DE MANTENIMIENTO DE MOLINOS DE LAMINACIÓN POMINI
FARREL TIPO RR-G1 PARA EL LAMINADOR DE BARRAS INDETA
CORPORACIÓN ACEROS DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MARIO ALBERTO VALENZUELA GARCÍA

ASESORADO POR MA. CARLOS ENRIQUE CHICOL CABRERA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, FEBRERO DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Víctor Manuel Ruiz Hernández
EXAMINADOR	Ing. Luis Alfredo Asturias Zúñiga
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Arrivillaga Ramazzini
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Veliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**MANUAL DE MANTENIMIENTO DE MOLINOS DE LAMINACIÓN POMINI
FARREL TIPO RR-G1 PARA EL LAMINADOR DE BARRAS INDETA
CORPORACIÓN ACEROS DE GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 05 de agosto 2010.

A handwritten signature in black ink, enclosed within a circular stamp. The signature is cursive and appears to read 'Mario Alberto Valenzuela García'. The stamp has some illegible text inside it.

Mario Alberto Valenzuela García

Guatemala, julio de 2011

Ing. Julio César Campos Paiz
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Campos:

Atentamente me dirijo a usted para presentarle el trabajo de graduación titulado: **“MANUAL DE MANTENIMIENTO DE MOLINOS DE LAMINACIÓN POMINI FARREL TIPO RR-G1 PARA EL LAMINADOR DE BARRAS INDETA CORPORACIÓN ACEROS DE GUATEMALA”**, realizado por el estudiante de ingeniería mecánica Mario Alberto Valenzuela García, el cual fue revisado por mí en su totalidad.

A mi juicio el presente trabajo cumple con los objetivos planteados, y creo necesario destacar la utilidad que el mismo puede tener para mejorar los resultados de la empresa.

Sin otro particular, me suscribo a usted como su seguro y atento servidor,

CARLOS ENRIQUE CHICOL C
INGENIERO MECANICO
COLEGIADO 6965

Ma. Ing. Carlos Enrique Chicol Cabrera
Asesor de Trabajo de Graduación
Colegiado No. 6965

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

El Coordinador del Área Complementaria de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del asesor del trabajo de graduación titulado, MANUAL DE MANTENIMIENTO DE MOLINOS DE LAMINACIÓN POMINI FARREL TIPO RR-G1 PARA EL LAMINADOR DE BARRAS, INDETA CORPORACIÓN ACEROS DE GUATEMALA, del estudiante **Mario Alberto Valenzuela García**, recomienda su aprobación.

ID Y ENSEÑADA A TODOS



Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador de Área

Guatemala, julio de 2011.

/behdei.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA**

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación del Coordinador del Área Complementaria, al Trabajo de Graduación titulado MANUAL DE MANTENIMIENTO DE MOLINOS DE LAMINACIÓN POMINI FARREL TIPO RR – G1 PARA EL LAMINADOR DE BARRAS INDETA CORPORACIÓN ACEROS DE GUATEMALA, del estudiante Mario Alberto Valenzuela García, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Julio César Campos Paiz
DIRECTOR



Guatemala, febrero de 2012

JCCP/behde



DTG. 077.2012

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **MANUAL DE MANTENIMIENTO DE MOLINOS DE LAMINACIÓN POMINI FARREL TIPO RR-G1 PARA EL LAMINADOR DE BARRAS INDETA CORPORACIÓN ACEROS DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Mario Alberto Valenzuela García**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 21 de febrero de 2012.

/gdech



AGRADECIMIENTOS A:

Mis padres

Por permitir mi desarrollo profesional al proporcionarme los recursos necesarios en todo momento, a pesar de las dificultades, por su ejemplo y amor incondicional.

Mis hermanos

Por su apoyo, su compañía y su cariño.

Mi novia

Por darme la motivación para culminar mis proyectos con excelencia a través de su ejemplo y persistencia, gracias por todo tu apoyo.

Mis abuelos

Por su cariño y ejemplo de vida a seguir.

Mis tíos y tías

Por su cariño sincero y apoyo durante toda mi vida.

Mi padrino

Francisco Plata, por todo el cariño y consejos brindados.

Mis catedráticos

Por el tiempo y enseñanza proporcionados.

La Facultad de Ingeniería

Por todos los conocimientos, desarrollo personal y profesional alcanzados.

La Universidad de San Carlos de Guatemala

Por ser la fuente de sabiduría y de conocimientos.

Indeta

Por permitirme poner en práctica mis conocimientos y por el aprendizaje diario.

Mis primos y amigos

Manuel Flores, Erick Roldán, Javier Roldán, Flor Roldán, Estuardo García, Gabriela García, Yasmin García, Tanea Arreaga, por su amistad, apoyo y cariño sincero.

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por tu amor infinito, por ser mi guía y acompañante en cada momento de la vida.

Mi madre

Silvia García, por darme la vida, por tu amor único y sin límite, tu ternura, apoyo y consejos en los momentos más difíciles, me ha permitido alcanzar mis metas, admiro tu sencillez, humildad y sacrificio diario en tu vida en beneficio de la familia, este logro personal es resultado de todo tu sacrificio, te amo.

Mi padre

Danilo Valenzuela, por tu esfuerzo y sacrificio inagotable, por darme una vida sin limitaciones, eres un hombre ejemplar que me inspira a ser un buen ser humano, me has enseñado que sólo el arduo trabajo es la clave para realizar mis sueños. Admiro tu inteligencia y valor para afrontar grandes proyectos, finalizándolos exitosamente. Tu sacrificio, es uno de los ingredientes fundamentales que me permiten estar este día aquí, gracias.

Mis hermanos

Víctor Valenzuela y Mainor Valenzuela, por ser mis mejores amigos, por su amor incondicional y compañía brindada a lo largo de mi vida.

Mis abuelos

Benedicto García y Carmen Dávila, por ser un ejemplo de vida para toda la familia a través de su amor y unión incondicional, los amo.

Mi novia

Luisa Yat, el amor de mi vida, mi complemento. Me permitiste encontrar un verdadero sentido a mi vida, eres mi inspiración desde el día que te conocí, te amo y te admiro tanto mi amor.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. FUNDAMENTO TEÓRICO	1
1.1. Proceso de laminación	1
1.2. Laminación en caliente	2
1.2.1. Ventajas del proceso de laminación en caliente	4
1.2.2. Desventajas del proceso de laminación en caliente	4
1.3. Características del proceso de laminación	4
1.3.1. Porcentaje de reducción	5
1.3.2. Alargamiento	5
1.3.3. Fuerzas de separación	6
1.3.4. Ensanchamiento	6
1.4. Productos del proceso de laminación	7
1.5. Grupos laminadores	7
1.6. Documentación en la administración del mantenimiento	10
1.6.1. Órdenes de trabajo	10
1.6.2. Historial de averías de máquina	11
1.6.3. Manual de mantenimiento del equipo	11
1.6.4. Procedimientos de trabajo documentados	14
1.6.5. Instructivos de trabajo	14

2.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE LAMINACIÓN INDETA	15
2.1.	Principios básicos de la corporación Aceros de Guatemala	15
2.1.1.	Breve reseña histórica	15
2.1.2.	Misión	17
2.1.3.	Visión	18
2.1.4.	Valores	18
2.2.	Estructura organizacional de la planta de barras Indeta	18
2.2.1.	Planta de laminación de barras Indeta	18
2.2.2.	Organigrama general de planta de laminación Indeta	20
2.3.	Análisis del proceso de laminación	21
2.3.1.	Descripción del proceso de producción	21
2.3.2.	Diagrama de definición de negocio del proceso	23
2.3.3.	Descripción de equipos	25
3.	DESCRIPCIÓN DE SITUACIÓN ACTUAL	29
3.1.	Taller de mantenimiento de molinos	29
3.1.1.	Descripción de actividades del taller	31
3.1.2.	Programa de mantenimiento	31
3.1.3.	Documentación general utilizada	32
4.	MANUAL DE MANTENIMIENTO DE MOLINO RR-G1	33
4.1.	Información técnica de molino RR-G1	33
4.1.1.	Especificaciones técnicas	33
4.1.2.	Descripción de funcionamiento	33
4.1.3.	Descripción de partes fundamentales	35

4.2.	Manual de partes del equipo	36
4.2.1.	Listado general de piezas	36
4.2.2.	Planos específicos	40
4.3.	Procedimientos documentados	41
4.3.1.	Procedimiento para desmontaje de rodillos de laminación	41
4.3.2.	Procedimiento para montaje de rodillos de laminación	44
4.3.3.	Procedimiento para desarme de molinos de laminación RR-G1	48
4.3.4.	Procedimiento para armado de molinos de laminación RR-G1	60
4.4.	Instructivos de trabajo	66
4.4.1.	Instructivo para calibración de ejes de regulación vertical	66
4.4.2.	Instructivo para sustitución de laberintos y rodamientos	70
4.5.	Listado de solución de averías	75
4.6.	Formato de órdenes de trabajo	77
4.7.	Ficha de averías de máquina	77
	CONCLUSIONES	79
	RECOMENDACIONES	81
	BIBLIOGRAFÍA	83
	APÉNDICE	85
	ANEXOS	91

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Recristalización durante el laminado	3
2.	Fórmula para porcentaje de reducción	5
3.	Molino de laminación horizontal	8
4.	Molino de laminación convertible	8
5.	Molino de laminación vertical	9
6.	Organigrama planta de laminación Indeta	20
7.	Definición del negocio del proceso	24
8.	Molino y tornillos de corona de regulación	49
9.	Desmontaje de <i>gabbia</i>	49
10.	Seguro de tuerca de regulación	50
11.	Tornillos de tapadera de chumacera	50
12.	Cuña de eje de regulación vertical	51
13.	Resorte de compresión	51
14.	Desmontaje de tuercas de regulación	52
15.	Desmontaje de chumacera superior	53
16.	Montaje de chumacera inferior en banco de trabajo	53
17.	Desmontaje de tuercas almenadas	54
18.	Desmontaje de buje roscado	54
19.	Desmontaje de ejes de regulación vertical	55
20.	Desmontaje de brazos de carga	56
21.	Desmontaje de tapadera de <i>gabbia</i>	56
22.	Tapadera exterior eje de <i>gabbia</i>	57
23.	Acople de eje de transmisión de <i>gabbia</i>	57

24.	Desmontaje de eje de transmisión de <i>gabbia</i>	58
25.	Tapaderas inferiores de <i>gabbia</i>	58
26.	Caja de transmisión desarmada	59
27.	Cargador de banco de trabajo	61
28.	Carga de eje	61
29.	Montaje de eje de regulación	62
30.	Montaje de chumacera superior	62
31.	Instalación de tuercas de regulación	63
32.	Instalación de resortes y tapaderas	64
33.	Montaje de <i>gabbia</i>	64
34.	Acople de <i>gabbias</i>	65
35.	Brazo de carga	66
36.	Dimensiones del brazo	67
37.	Tuerca de carga	67
38.	Lubricación del eje de regulación	68
39.	Eje de regulación y brazo de carga	68
40.	Montaje de buje roscado	69
41.	Instalación de tuerca almenada	69
42.	Laberinto con desprendimiento de material	70
43.	Laberinto con impactos	71
44.	Laberinto con desgaste	71
45.	Tapadera fracturada	72
46.	Tapadera con desprendimiento de material	72
47.	Rodamiento R con rodillo fracturado	73
48.	Rodamiento R con aro exterior dañado	73
49.	Rodamiento de carga axial con aro exterior dañado	74
50.	Rodamiento de carga axial con aro interior dañado	74

TABLAS

I.	Especificaciones de perfiles cuadrados	22
II.	Especificaciones de perfiles redondos lisos	22
III.	Especificaciones de varilla para refuerzo	23
IV.	Listado de piezas de <i>gabbia</i>	36
V.	Listado de piezas del mecanismo de regulación vertical	37
VI.	Listado de piezas del sistema de acople	38
VII.	Listado de piezas del mecanismo de rodamiento	38
VIII.	Listado de piezas del mecanismo de regulación axial	39
IX.	Listado de planos de partes de máquina	40
X.	Listado de solución de averías	75

GLOSARIO

Avería	Evento indeseado o daño en una máquina, cuyo tratamiento requiere de una intervención especial para ser solucionado.
Carretón	Carro transportador de molinos de planta-taller y taller-planta.
Desengrape	Desmontaje de las chumaceras a los rodillos separando en mitades el molino.
Engrape	Montaje de las chumaceras a los rodillos acoplando las mitades del molino.
<i>Gabbia</i>	Mecanismo superior de cada molino utilizado para la regulación de altura entre rodillos.
Grupo de laminación	Equipo formado por un motor, caja reductora, sistema de acople, jaula y un par de rodillos laminadores que proporciona la energía necesaria, para reducir la sección transversal de la materia prima hasta una forma y tamaño específicos.

Instructivo de trabajo	Documento con la descripción detallada de una actividad dentro de un procedimiento documentado, que tiene información difícil de memorizar o donde se tiende a cometer errores.
Laberinto	Anillo de acero utilizado para el sello de la lubricación de la chumacera.
Laminación	Proceso de deformación plástica que se efectúa por la fuerza de compresión de 2 rodillos laminadores que giran en sentido contrario.
Procedimiento documentado	Descripción detallada y documentada de una secuencia de actividades para desarrollar una tarea específica.
Robot	Banco de trabajo destinado para realizar cambio de rodillos a los molinos de laminación.
Rodamiento L	Pista o aro interior del rodamiento de carga radial.
Rodamiento R	Conjunto de aro exterior, rejilla y elementos rodantes del rodamiento de carga axial.

Tapadera

Anillo de acero que conjuntamente con el laberinto permiten el giro de los rodillos sellando a su vez la salida de lubricante.

Tren de laminación

Conjunto de grupos de laminación, cuya función es reducir el área de la materia prima en proceso gradualmente hasta la forma y tamaño deseados del producto final.

RESUMEN

La laminación en caliente es un proceso de deformación plástica, que se da al elevar la temperatura de una barra de acero por encima de la temperatura de recristalización, entre 1050° y 1125° C, por la fuerza de compresión de 2 rodillos laminadores, los cuales forman parte del molino de laminación, para dar a una barra forma y tamaño determinado, según el perfil maquinado en los rodillos.

El mantenimiento de estos molinos de laminación es un factor vital para el buen desempeño del proceso, disminuyendo al máximo las pérdidas, tanto de materia prima en proceso como de tiempo. Para esto la administración del taller de montaje de cilindros es muy importante.

El papel de un buen soporte de documentación es una herramienta eficaz para la buena comunicación, entre la jefatura de producción y los mecánicos de mantenimiento de molinos, además de permitir tomar decisiones acertadas, tanto en la planificación de las actividades de mantenimiento como al ejecutarlas, asignando los recursos y esfuerzos adecuados para la ejecución de las actividades. La base fundamental para administrar la labor de mantenimiento del taller de montaje de cilindros es el desarrollo de las órdenes de trabajo, el historial de averías, planos específicos de elementos de máquina, los procedimientos e instructivos de trabajo.

Los planos de elementos de máquina han sido establecidos para componentes de máquina, estos son muy importantes, y se debe garantizar una estandarización en cada uno de ellos.

Los procedimientos de trabajo desarrollados permitirán el entrenamiento de los mecánicos del taller de montaje, con el objetivo de garantizar que estas tareas se ejecuten de la misma forma, obteniendo los mismos resultados en cada ocasión.

Los instructivos de trabajo son una herramienta fundamental al momento de ejecutar las tareas de mantenimiento como apoyo en actividades complejas, en que se puede perder algún detalle importante ocasionando algún tipo de anomalía.

Las órdenes de trabajo se han diseñado para poder establecer la información requerida de cada una de las tareas de mantenimiento, además de registrar los recursos y métodos utilizados para cada situación, así como formular un formato de historial de averías que se pueda llevar por molino, previamente codificados, como control de la vida de cada uno de ellos y de sus componentes, registrando cualquier modificación, reparación, ajuste o mejora realizada.

OBJETIVOS

General

Desarrollar un manual de mantenimiento de los molinos de laminación Pomini Farrel RR-G1, también denominados únicamente RR-G1 en este trabajo, en el cual se estandaricen las actividades que deben realizar los mecánicos de mantenimiento de molinos.

Específicos

1. Realizar procedimientos documentados de las actividades de armado y desarme de los molinos de laminación RR-G1, donde se describa el flujo correcto de actividades y recursos materiales y humanos necesarios.
2. Realizar instructivos de trabajo detallados de las tareas críticas provenientes de los procedimientos documentados.
3. Desarrollar una lista de solución de averías, identificando las fallas, causas y posibles soluciones.
4. Establecer una lista de especificaciones y planos detallados, de los elementos de máquina principales de los molinos de laminación RR-G1.

INTRODUCCIÓN

El proceso de laminación en caliente, para producción de varilla de acero para refuerzo, es un proceso de deformación plástica, en el cual se eleva la temperatura de una barra de acero en un horno industrial de recalentamiento entre 1050 °C y 1150 °C, para después procesarla en una secuencia de molinos laminadores hasta obtener la forma y tamaño deseado.

Un grupo de laminación es el equipo cuya función es proporcionar la energía necesaria para reducir la sección transversal de la materia prima hasta una forma y tamaño específicos, las partes constitutivas principales de un grupo de laminación son: motor, caja reductora, sistema de acople, jaula y un par de rodillos laminadores.

La corporación Aceros de Guatemala se ha dedicado durante 50 años a la industria siderúrgica, generando productos provenientes de acero de alta calidad para distribuirlos en Guatemala y los otros países de Centro América. Sus productos abarcan, desde palanquilla, la cual es la materia prima para el proceso de laminación, alambrón, varilla de acero para refuerzo, malla electrosoldada, alambre galvanizado, clavo, entre otros.

La planta de laminación de barras Indeta está ubicada en la zona 7 del municipio de Mixco, del departamento de Guatemala, su capacidad de producción es de 12000 Ton mensuales de varilla para refuerzo, las características principales de sus equipos son: un horno de recalentamiento capaz de proporcionar 25 Ton/h aplicando 21 pases de laminación, clasificados en 7 pases de desbaste, 4 pases de tren intermedio y 10 pases de tren

continuo. En Indeta se produce varilla corrugada de distintos diámetros especificados en el mercado como K-343, 3/8" COMERCIAL, P-345, P-445, perfiles redondos lisos, cuadrados de 1/2" legítimo y milimétrico entre otros.

Los elementos de estudio en este trabajo son los molinos Pomini Farrel tipo RR-G1 del tren continuo de laminación, específicamente las jaulas y acoples. Una jaula está compuesta por caja de transmisión o *gabbia*, tornillos de regulación vertical, chumaceras, elementos rodantes, bujes y brazos, como elementos principales del molino.

Es importante que estos equipos se encuentren en condiciones óptimas de operación, para evitar atascos de materia prima en proceso y tiempos de paro prolongados, debido a reajustes menores o mayores. El tener los molinos en su estado de referencia es fundamental para garantizar la operación continua de la planta en todo momento. La planta de laminación de barras Indeta cuenta con 20 molinos de laminación RR G1 y el trabajo de mantenimiento es realizado por el personal del taller de mantenimiento de molinos, el cual cuenta con un supervisor de taller y 4 mecánicos.

La labor de mantenimiento necesita de una documentación rigurosa y organizada, la cual será una valiosa herramienta para la toma de decisiones, ejecutar acciones correctivas o de mejora, hacer planes de mantenimiento e incluso sirve como referencia a la hora de hacer nuevos proyectos.

Los operadores, mecánicos, supervisores, jefes y gerentes pueden cambiar de un momento a otro, pero la documentación se mantiene con el tiempo y esto es beneficioso para cualquier organización, porque permite mantener la ejecución de actividades en todo momento, de la misma forma y con ello garantizar los resultados.

Existe una serie de documentos utilizados para organizar las actividades de un taller de mantenimiento, entre los cuales destacan las órdenes de trabajo, el inventario de máquinas, los manuales técnicos, ficheros históricos de averías, entre otros. Es importante que la documentación que se elija para la administración de las actividades se revise, controle y actualice constantemente, para que ésta realmente resulte beneficiosa.

El principio de este trabajo es partir de una descripción detallada de la situación actual del taller de mantenimiento de molinos y del proceso administrativo del taller. Realizando un análisis de actividades críticas que afecten la calidad del trabajo, seguridad y costos; se desarrollará el manual de mantenimiento de los molinos de laminación RR-G1; sobre actividades que presenten un riesgo elevado de pérdida en alguno de los factores mencionados anteriormente, se describirán los instructivos de trabajo que garanticen la correcta ejecución de estos.

El alcance de este manual será la documentación técnica de los molinos RRG1, listando especificaciones de partes, planos de elementos más importantes, procedimientos documentados de armado y desarme del elemento en estudio e instructivos de trabajo.

Este manual de mantenimiento será una herramienta eficaz para el conocimiento técnico de los molinos RR-G1 de jefaturas, mecánicos y cualquier persona que tenga especial interés en la ejecución de las tareas de mantenimiento de los molinos de laminación; pudiendo utilizarse para capacitar a personal nuevo, para ello será preciso que esta documentación se mantenga actualizada con todas las modificaciones que se realicen.

1. FUNDAMENTO TEÓRICO

1.1. Proceso de laminación

La laminación es un proceso de deformación plástica que se efectúa por la fuerza de compresión de 2 rodillos laminadores que giran en sentido contrario, la laminación le da a una barra, forma y tamaño determinado, según el perfil maquinado en los rodillos.

Las fuerzas que ejercen los rodillos de laminación ocasionan un alargamiento en sentido longitudinal y un ensanchamiento en sentido transversal, mientras haya material y energía necesaria. Originando con esto una reducción de la sección transversal de la barra laminada a cada pase de laminación.

Los productos son arrastrados por las fuerzas de rozamiento que se originan en la superficie de contacto entre los cilindros y el metal laminado, sin fuerzas de rozamiento sería imposible laminar.

La reducción se ve limitada por la dureza y la resistencia de los rodillos, debido a que, si el porcentaje de reducción es alto se tendrá una mayor superficie de contacto entre cilindros y material, lo que origina una fuerza mayor en los cilindros.

Un tren de laminación requiere una relación de velocidad específica entre molinos laminadores, para evitar que se formen lazos o se tense excesivamente la barra.

A mayor reducción, mayor será la potencia requerida, por lo tanto la potencia del motor limita la reducción deseada. Cuanto mayor es la reducción, mayor es el desgaste en los cilindros.

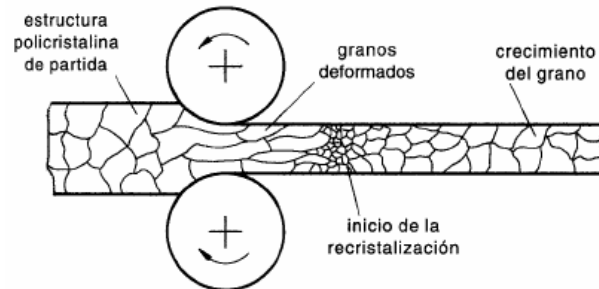
Otro factor importante se llama ángulo de contacto y éste se forma entre la línea perpendicular a la dirección en que ingresa la barra en los cilindros (justo en el centro de los rodillos) y el punto de contacto con la barra y los cilindros, exactamente donde no hay deformación. Este ángulo debe ser mayor que 20° para cilindros lisos y mayor que 35° para cilindros maquinados para que pueda llevarse a cabo la laminación.

1.2. Laminación en caliente

La laminación en caliente se lleva a cabo cuando el proceso se da por encima de la temperatura de recristalización, cuando el material sale de los cilindros se recristaliza.

Antes de efectuar la laminación es necesario calentar el metal hasta cierta temperatura durante un tiempo determinado, ya que de esto depende la obtención de una estructura homogénea, un calentamiento uniforme en todo el volumen del metal y una oxidación mínima del metal.

Figura 1. **Recristalización durante el laminado**



Fuente: HOFF, Hubert. Laminación. p. 57

Una temperatura alta de calentamiento del acero puede originar un crecimiento excesivo de los granos y un defecto llamado quemado del acero, que origina grietas que no son eliminables. Una temperatura baja de calentamiento origina la disminución de la plasticidad del acero, eleva la resistencia a la deformación y puede originar grietas durante la laminación en material y rodillos.

La temperatura óptima de trabajo se encuentra entre 1050 y 1125° C. La oxidación y descarburización son problemas que se controlan con una atmósfera adecuada en el horno, esto quiere decir que hay que evitar llevar el horno de calentamiento a una temperatura mayor de la recomendada, a una temperatura alta se produce una pérdida de peso del 1 al 4% (aumenta la presencia de escoria en el horno), La descarburización nos produce una pérdida de las propiedades del metal.

En la etapa de calentamiento se debe controlar la temperatura de calentamiento e igualación, para garantizar con esto que la temperatura obtenida en la barra sea uniforme.

1.2.1. Ventajas del proceso de laminación en caliente

- Permite grandes reducciones de área;
- Permite modificar o refinar las estructuras de colada (lingotes a secciones pequeñas);
- Se puede llevar a cabo a gran velocidad y poca potencia de trabajo.

1.2.2. Desventajas del proceso de laminación en caliente

- Poca superficie de acabado por la generación de cascarilla a temperaturas de laminado en contacto directo con el aire;
- Pobre tolerancia de laminación;
- Si no se lamina a una temperatura adecuada, las propiedades mecánicas del producto pueden quedar fuera de control.

1.3. Características del proceso de laminación

El proceso de laminación tiene una serie de características que se listan a continuación las cuales deben ser controladas para que sus resultados sean satisfactorios.

1.3.1. Porcentaje de reducción

Es la relación existente entre el área de entrada en un pase determinado y el área de salida. Es recomendable que este sea menor del 26% de lo contrario no se podría laminar el material.

A mayor porcentaje de reducción se obtienen mejores propiedades mecánicas del producto, este porcentaje de reducción está ligado con el número de pases a efectuar y el diámetro del producto a obtener.

Figura 2. **Fórmula para porcentaje de reducción**

$$\% R = \left(\frac{A1 - A2}{A1} \right) \times 100$$

Donde:

% R = % de reducción

A1 = Área de sección transversal inicial

A2 = Área de sección transversal resultante

Fuente: ASKELAND, Donald. Ciencia e ingeniería de materiales. p. 325

1.3.2. Alargamiento

Al reducirse el área de la sección transversal de la figura aumenta el largo de la barra procesada, esto se denomina alargamiento. En la laminación el alargamiento se mantiene entre 1.1 y 1.6 veces el largo inicial antes de ingresar la barra a un pase dado, alargamientos de hasta 2.5 veces la longitud inicial son necesarios cuando se requiere un alto grado de reducción, pero puede resultar problemático el obtenerlos.

1.3.3. Fuerzas de separación

Son las fuerzas que ejerce el material laminado sobre los rodillos laminadores en sentido perpendicular al eje de laminación y de forma radial.

1.3.4. Ensanchamiento

Es la diferencia entre el ancho de la sección transversal de la pieza, antes y después del laminado. Es una deformación que experimenta el material al ser laminado en dirección transversal al alargamiento.

Leyes del ensanchamiento

- El ensanchamiento depende de la geometría del calibre;
- El ensanchamiento depende del ángulo de agarre del material. A mayor ángulo menor ensanchamiento. Hay mayor roce entre material y ensanchamiento;
- Depende del diámetro de los cilindros laminadores;
- Mientras mayor sea la velocidad de laminación, menor será el ensanchamiento;
- El ensanchamiento depende de la reducción de área;

- Mientras mayor es el roce entre material y rodillo, mayor es el ensanchamiento;
- Mientras la temperatura es más alta, menor es el ensanchamiento.

1.4. Productos del proceso de laminación

Un proceso de laminación en caliente está orientado a la fabricación de varilla corrugada (conocida también como acero para refuerzo), y perfiles estructurales.

Como ejemplos de los productos está la varilla corrugada de diámetros desde 3/8" hasta 1 1/2", angular de aristas desiguales, angular de aristas iguales, T, perfiles tipo I, tipo H, etc.

1.5. Grupos laminadores

Un grupo laminador está formado por un motor de corriente directa, una caja reductora, sistema de acople y el molino de laminación, este grupo en conjunto es el encargado del proceso de laminación.

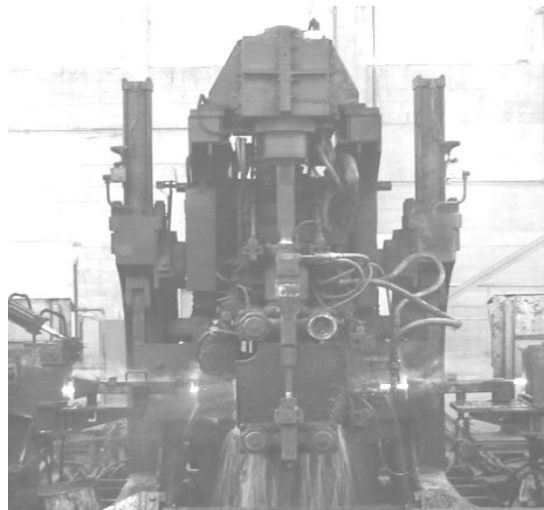
El molino de laminación se clasifica según su posición de trabajo como horizontal, vertical o convertible, este último tiene la capacidad de trabajar, tanto en posición vertical, como en posición horizontal.

Figura 3. **Molino de laminación horizontal**



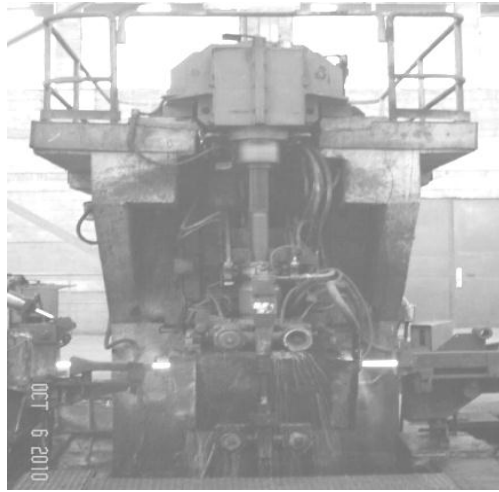
Fuente: planta de laminación Sidegua, Corporación Aceros de Guatemala.

Figura 4. **Molino de laminación convertible**



Fuente: planta de laminación Sidegua, Corporación Aceros de Guatemala.

Figura 5. **Molino de laminación vertical**



Fuente: planta de laminación Sidegua, Corporación Aceros de Guatemala.

1.6. Documentación en la administración del mantenimiento

Las tareas de mantenimiento deben tener una documentación rigurosa y organizada, la cual será un eficaz apoyo a la hora de tomar decisiones y ejecutar acciones de mantenimiento. Sea cual sea su tamaño, niveles productivos y metas, organizar el trabajo de mantenimiento requiere por lo menos de algunos documentos básicos los cuales serán descritos a continuación:

1.6.1. Órdenes de trabajo

Las órdenes de trabajo recogen las instrucciones y planificación cotidiana o semanal del trabajo de mantenimiento, y de modo general tienen el siguiente contenido:

- Instrucciones precisas;
- Identificación de materiales precisos;
- Tiempo esperado necesario para el trabajo;
- Materiales y recambios requeridos;
- Quién debe realizarlo o coordinarlo;
- Consideraciones especiales, necesidades y condicionantes específicos;
- Cuándo se realiza;
- Costes y materiales previstos;
- Otras informaciones necesarias, tales como: centros o áreas de coste, número de los equipos, fechas de registro, resultados, niveles de prioridad, causa o acción llevada a cabo, alcance de la orden de trabajo, etc.

En resumen, las órdenes de trabajo deben decir claramente aquello que se debe realizar, dónde y con qué.

1.6.2. Historial de averías de máquina

Intervenciones que han sufrido los equipos, las modificaciones y mejoras, y muy especialmente, las paradas y averías, además del tipo y duración de éstas. Se debe tener un fichero con una ficha por máquina, en las cuales se resumirán los datos recogidos en las diferentes partes de averías, como son:

- Fecha y número de parte de averías;
- Órgano o componente donde estuvo localizada la avería;
- Detalle de los trabajos realizados;
- Horas de parada de máquina o instalación;
- Horas de intervención (de la operación de reparación);
- Importe de la mano de obra empleada;
- Importe de los materiales y recambios empleados;
- Importe total de cada reparación.

1.6.3. Manual de mantenimiento del equipo

El manual de mantenimiento del equipo es la recopilación de toda la información de este equipo o máquina. Entre otros, debe reflejar los siguientes contenidos:

- Una descripción detallada del equipo y toda clase de información sobre los procedimientos para su funcionamiento;

- Esquema general de principio de funcionamiento y procedimientos, junto con información explicativa;
- Planos de conjunto, generales, cargas, ajustes de piezas, condiciones de accesibilidad para labores de mantenimiento;
- Esquemas funcionales y otros elementos funcionales, indicativos de su constitución y funcionamiento;
- Composición y conexiones entre sus diversos componentes;
- Detalles sobre:
 - Puesta en servicio
 - Modos de marcha en automático
 - Modos de marcha en manual
 - Ciclo de fabricación detallado
 - Parada del equipo
 - Consignas de utilización y seguridad
- Lista de acciones preventivas: las acciones de rutina, las de vigilancia, las sistemáticas;
- Lista de acciones correctivas: es decir, las precauciones a adoptar en las intervenciones, la comprobación de fallos, y las intervenciones y conductas recomendados ante ellos;
- Listado de posibles averías e incidentes y su tratamiento;

- Gamas de Mantenimiento Preventivo (sistemático y programado);
- Instrucciones para controlar e identificar piezas;
- Instrucciones de instalación, transporte y almacenaje.
- Información sobre conexiones y alimentaciones de todo tipo (eléctricas y otras);
- Información sobre cambios de útiles y herramientas;
- Información sobre sistemas de máquinas incluidos (hidráulicos, neumáticos, eléctrico-electrónico, engrase y otros);
- Instrucciones de reglajes corrientes, operaciones de mantenimiento de primer nivel;
- Instrucciones generales de actuación, descripción y funcionamiento en condiciones normales y también en condiciones particulares, modos de fallo, fichas de montaje y desmontaje, controles, ensayos, acondicionamiento;
- Listado de piezas, vistas de conjunto y planos de subconjuntos, números de referencia o marcaje;
- Modificaciones y mejoras que se le han realizado.

1.6.4. Procedimientos documentados de trabajo

Descripción detallada de la secuencia de tareas para realizar una tarea de mantenimiento. Un procedimiento documentado se origina en las actividades críticas de las labores de mantenimiento.

1.6.5. Instructivos de trabajo

Descripción detallada de una de las tareas de algún procedimiento documentado, estos instructivos de trabajo contienen información especializada, que para un encargado de mantenimiento es difícil de memorizar, o donde se tiene tendencia a cometer errores. Entre la información que puede contener un instructivo de trabajo se tiene ajustes especiales de piezas, dimensiones de componentes, etc.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE LAMINACIÓN INDETA

2.1. Principios básicos de la corporación Aceros de Guatemala, S.A.

La corporación Aceros de Guatemala es una empresa familiar la cual tiene un recorrido de más de 50 años en el mercado guatemalteco y posee valores sólidamente establecidos, los cuales han sido la clave de su desarrollo, proyectándola a tener un mayor crecimiento en el mercado centroamericano.

2.1.1. Breve reseña histórica

En 1950 es fundada Distribuidora Universal, una empresa comercializadora de distintas líneas de productos. Debido a la elevada demanda de productos derivados del acero, rápidamente concentra su negocio en la venta de clavo, alambre espigado y hierro para la construcción.

Gracias a esta visión, a partir de una pequeña máquina para fabricar clavos, se inicia en 1963 la historia de la Corporación Aceros De Guatemala. La primera empresa fundada para la producción de clavos, rápidamente se amplía hacia otros productos de acero como: grapas, alambre espigado y varilla corrugada.

En 1971, con el objeto de hacer la producción más competitiva, la corporación se amplía con una planta galvanizadora de alambre y lámina, así como dos hornos de arco eléctrico para la fabricación de lingote de acero. En

1979, la fábrica de laminación se duplica para producir varilla de construcción, lo que llevaría a la corporación a ocupar un lugar importante en el mercado.

En 1987, la Corporación adquiere Intupersa, Industria de Tubos y Perfiles, S. A. Dicha adquisición permite ofrecer una extensa gama de productos de acero, tales como: cañería, costanera, tubería eléctrica, estructural e industrial, convirtiéndola en la más sólida de la industria.

Buscando una mayor eficiencia en la fabricación de los diferentes productos se crea Sidegua, Siderúrgica de Guatemala, S.A.; uno de los proyectos más importantes en la historia de la industria del acero en Centroamérica. Ésta inicia operaciones en 1994 llevando a cabo el proceso de fabricación de lingote, empleando los métodos más avanzados en tecnología y cuidado del medio ambiente.

Es así, como la corporación al contar con su propia materia prima, es capaz de alcanzar una mayor productividad. Simultáneamente, con el fin de satisfacer los requerimientos de energía eléctrica, se inicia en 1995, la construcción del Centro de Energía Escuintla.

Este no sólo garantizará el suministro de energía eléctrica a las empresas de la corporación, sino además venderá al sistema nacional, a través del mercado de mayoreo, contribuyendo así a proporcionar herramientas para que el país cuente con la energía necesaria para aceptar los retos que este nuevo mundo le plantea. Igualmente en 1995 la corporación adquiere Indeta, empresa dedicada a la fabricación de varilla de construcción, alambre, clavo y otros productos.

Basados en el mercado de la construcción, el cual constituye uno de los de mayor crecimiento en la economía del país, la Corporación Aceros De Guatemala ha desarrollado sus diferentes productos satisfaciendo parte importante del mercado de Guatemala y el resto de Centroamérica.

En el 2000 se inician las operaciones de distribución en Distun carretera a El Salvador. En este mismo año se empieza la fabricación y comercialización de malla electrosoldada estrella AG, la cual constituye un producto práctico y novedoso en la industria de la construcción.

Asimismo, en el 2002 se inaugura Distun Escuintla y en el 2004 se abren las puertas de Distun Chimaltenango. Conformando de esta manera, la cadena de puntos de distribución localizados estratégicamente en Guatemala, que cuentan con un amplio parqueo y surtido de productos, equipadas con modernas grúas aéreas y servicio profesional personalizado. Todo esto, con el propósito de agilizar el despacho de pedidos y dar un servicio de calidad a los clientes.

2.1.2. Misión

En corporación Aceros de Guatemala, fabricamos y distribuimos productos de acero con calidad certificada en un ambiente seguro, con un equipo humano especializado y motivado; comprometido con nuestros clientes, la sociedad y el cuidado del medio ambiente.

2.1.3. Visión

Mantener el liderazgo en Guatemala y el resto de Centroamérica, en la fabricación y distribución de productos de acero para la construcción y otros sectores. Con todos sus integrantes identificados y comprometidos con los altos estándares de la siderurgia a nivel internacional.

2.1.4. Valores

- Honestidad y rectitud
- Actitud responsable
- Calidad en todo lo que se hace
- Personas leales, comprometidas y realizadas
- Seguridad en el ambiente de trabajo
- Cliente satisfecho

2.2. Estructura organizacional de la planta de barras Indeta

La estructura organizacional describe la forma en que se distribuyen las funciones de los colaboradores en los distintos niveles jerárquicos de la planta.

2.2.1. Planta laminación de barras Indeta

La planta de laminación de barras Indeta está encabezada por el jefe de planta, quien es el responsable de coordinar las actividades de producción, mantenimiento y de empaque. Uno de sus principales objetivos es la medición de su proceso, el establecimiento de metas para todas las áreas y el

seguimiento para que éstas sean alcanzadas. Además de establecer acuerdo con otras áreas por mejorar el desempeño de la planta.

Las labores de producción están a cargo del jefe de producción, junto con el apoyo del asistente de producción, quienes tienen la responsabilidad de dar seguimiento al desempeño de las actividades operacionales, calibración de rodillos laminadores, operación del horno de recalentamiento y tren de laminación. Como también de tener a su disposición el taller de mantenimiento de molinos, donde se efectúa el montaje y desmontaje de rodillos laminadores y el mantenimiento de los molinos. Además se cuenta con un taller de soldadura para las necesidades y emergencias que sucedan en la operación de la planta.

El departamento de mantenimiento mecánico es el encargado de velar por el óptimo funcionamiento de la maquinaria a nivel mecánico, a través del mantenimiento correctivo y preventivo, buscando minimizar en lo posible, las interrupciones por mantenimiento, y así garantizar el funcionamiento de los equipos en todo momento. Este departamento tiene la responsabilidad de verificar y mantener todos los equipos auxiliares para el funcionamiento de la planta como los sistemas de bombeo, los sistemas de lubricación centralizada, etc.

Con el apoyo del taller de tornos se realizan las tareas de calibración de rodillos y con el taller de herrería, tareas de fabricación y mantenimiento de estructura metálica.

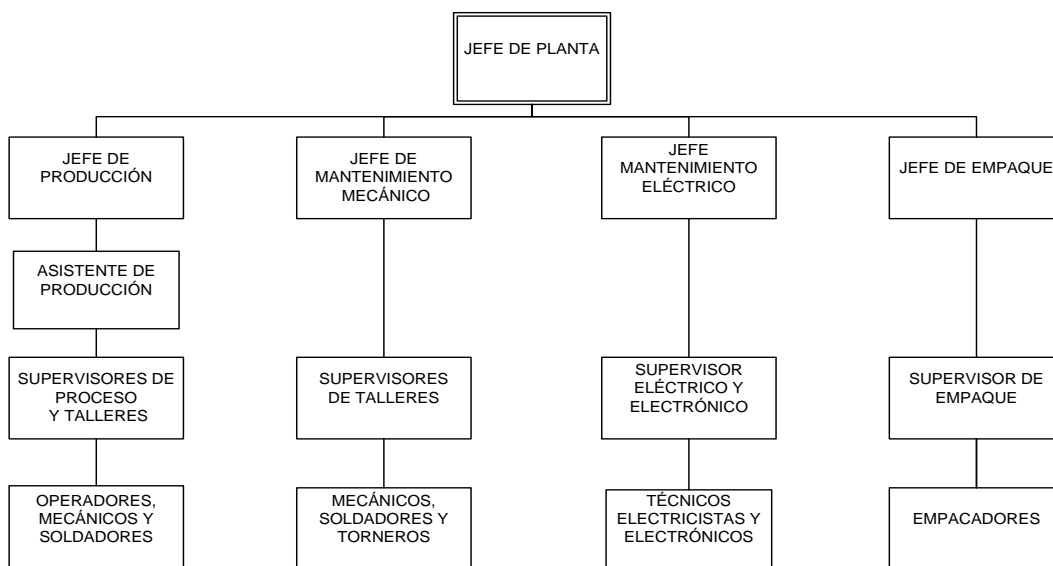
El departamento de mantenimiento eléctrico es el encargado del funcionamiento de los sistemas eléctricos y electrónicos para el funcionamiento de la planta.

El área de empaque es la que tiene a su cargo el conteo de la varilla y el empaque según corresponda, esta tarea es realizada por los empacadores de varilla bajo la responsabilidad del supervisor y el jefe del departamento de empaque.

2.2.2. Organigrama general de planta de laminación de Indeta

La administración de la planta de laminación Indeta está definida desde la jefatura de planta hasta el nivel operativo, a través del organigrama general que se muestra a continuación:

Figura 6. Organigrama general de planta de laminación Indeta



Fuente: elaboración propia.

2.3. Análisis del proceso de laminación

El análisis del proceso es realizado para proporcionar un conocimiento general del proceso de laminación, este inicia con la descripción del proceso, productos realizados, diagrama de definición de negocio y el detalle de los equipos utilizados.

2.3.1. Descripción de proceso de producción

El proceso de producción se inicia con el ingreso de palanquillas, estas son barras de acero con una sección transversal de forma cuadrada de 130 mm por lado y 3.38 mt de largo, al horno de recalentamiento el cual se encarga de llevarlas desde una temperatura ambiente hasta 1125 °C.

La palanquilla es laminada en 7 pases de desbaste en un trío de desbaste Pomini Farrel, el siguiente paso son 4 pases de laminación en el tren intermedio en 2 molinos Shloemman una cizalla de despunte y 2 molinos Pomini Farrel G3.

La barra en proceso es direccionada a través de un repetidor hacia el tren continuo o tren acabador el cual está formado por 10 pases de laminación, lo cual permite producir una diversidad de productos que va desde varilla K-343 hasta 1 3/8".

Al salir del último molino de laminación, o acabador, la barra pasa por la cizalla *start-stop* la cual corta la barra en proceso en barras de 36 mt de longitud, las cuales son transportadas por un camino de rodillos hacia la cama de enfriamiento.

La cama de enfriamiento se encarga de reducir la temperatura de la barra de forma controlada hasta aproximadamente 600°C y después es trasladada por un camino de rodillos a la cizalla de corte en frío, que corta a la medida deseada, que puede ser 6mt, 9mt y 12mt.

La capacidad de producción de la planta de laminación es de aproximadamente 500 Ton diarias de varilla corrugada, dependiendo el tipo de producto laminado, en las tablas que se muestran a continuación se detallan los tipos de productos producidos por el laminador de barras Indeta:

Tabla I. **Especificaciones de perfiles cuadrados**

Designación	Medida (mm)	Peso (lbs)
3/8	9.5	9.10
1/2	12.7	16.19

Fuente: elaboración propia.

Tabla II. **Especificaciones de perfiles redondos lisos**

Designación	Medida (mm)	Peso (lbs)
3/8	9.3	7.23
1/2	12.5	12.88

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Especificaciones de varilla para refuerzo**

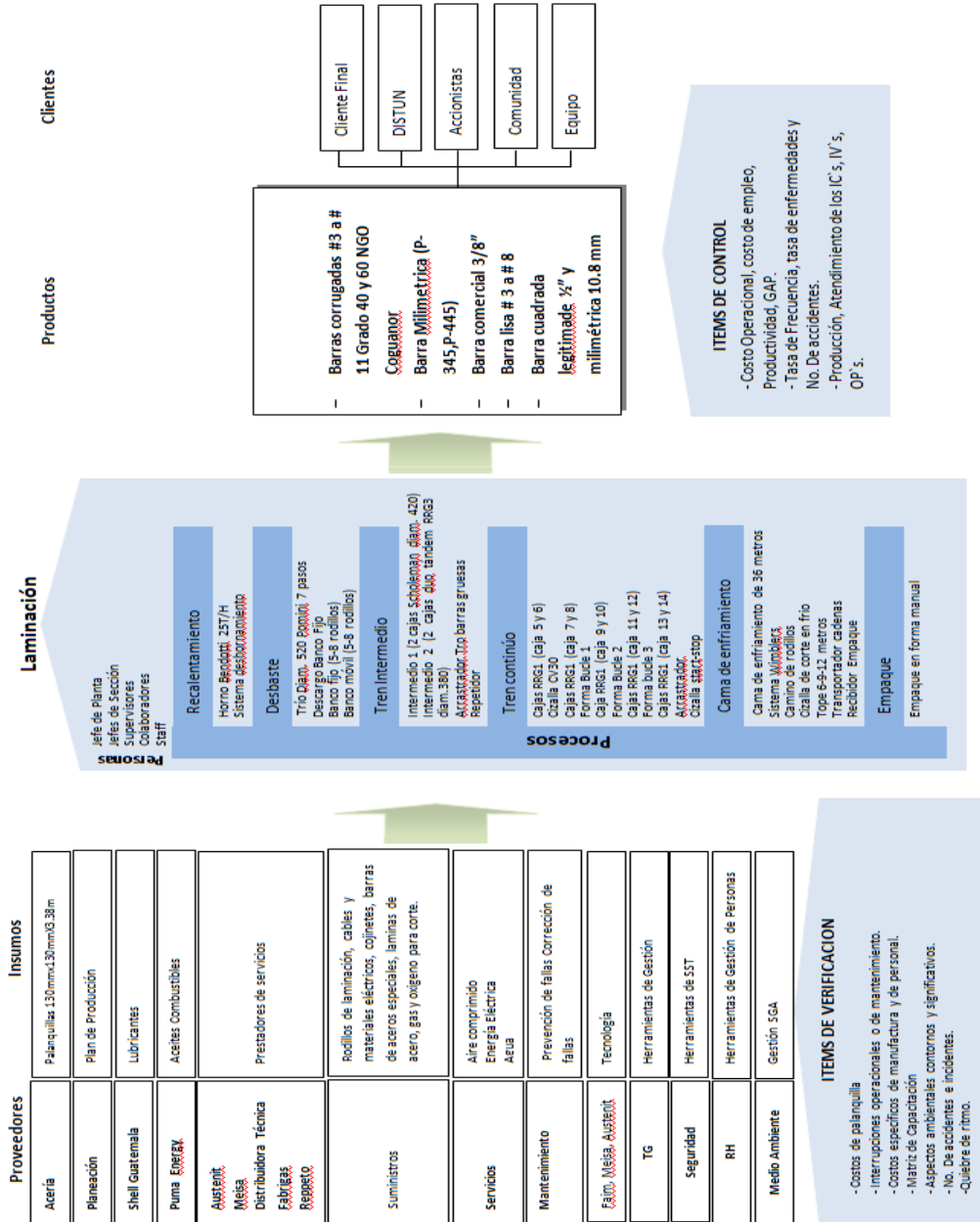
Número designación	Diámetro nominal (pulg)	Diámetro nominal (mm)	
3	3/8	9.24	9.50
4	1/2	12.31	12.70
5	5/8	15.39	15.90
6	¾	18.47	19.10
7	7/8	21.55	22.20
8	1	24.63	25.40
9	1 1/8	27.78	28.70
10	1 ¼	31.28	32.30
11	1 3/8	34.72	35.80

Fuente: elaboración propia.

2.3.2. Diagrama de definición del negocio del proceso

El diagrama de definición de negocio permite conocer el proceso con todos sus componentes a través de la descripción de sus proveedores, insumos, equipos, productos y principales clientes.

Figura 7. Definición del negocio del proceso



Fuente: elaboración propia.

2.3.3. Descripción de equipos

Horno de recalentamiento

Marca: Bendotti

Capacidad: 25 Ton/hr

Palanquillas/hr: 45

Temperatura de enhornamiento: 25° C

Temperatura de deshornamiento: 1100 – 1150° C

Tipo deshornamiento: descarga lateral

Tipo de enhornamiento: carga frontal de 1 hilera

Tipo de combustible: *fuel oil*

Palanquilla referida:

Sección transversal: 130 x 130 mm

Largo 3.38 mt

Peso: 441 kg/palanquilla

Calidad del material: 0.3% C max

Trio de desbaste

Marca: Pomini Farrel

Modelo: trio 520

Potencia: 1000 Kw

RPM: 890

7 pasos de salida sección de 52.5 x 52.5 mm

Molinos de laminación *Shloemman*

Marca: Shloemman

Modelo: *cassette* 420

Reductor 1:24.99

Potencia: 300 kw

RPM: 900 / 1700

Molinos de laminación tren intermedio

Marca: Pomini Farrel

Modelo: G3

Diámetro máximo de rodillos: 380 mm

Mecanismo de regulación: motorizado

Molinos de laminación tren continuo

Marca: Pomini Farrel

Modelo: G1

Diámetro máximo rodillos: 340 mm

Diámetro mínimo rodillos: 255 mm

Tabla del rodillo: 600 mm

Mecanismo de regulación: manual

Peso: 3.5 ton

Cizalla *start-stop*

Modelo: ATS 110/15

Corte: 8 x 2mm (*slitting*) a 36 mm

Velocidad: 1.3 a 15 m/s

Capacidad de corte: 1110 mm²

Cizalla corte en frío

Marca: Pomini Farrel

Modelo: CFA 250/750

Tope: 6-9-12 mts

Capacidad de corte: 60 kg/mm²

3. DESCRIPCIÓN DE SITUACIÓN ACTUAL

3.1. Taller de mantenimiento de molinos

El recurso humano del taller de mantenimiento de molinos está conformado por un mecánico y 4 ayudantes de mecánico, estos últimos se distribuyen en 2 en turno diurno y 2 en turno nocturno para poder atender emergencias eventuales, además de cumplir con sus labores normales de mantenimiento asignadas.

Estas personas cumplen funciones generales de mantenimiento de los molinos, para que estos equipos se encuentren disponibles para ser utilizados en cualquier momento.

El laminador de barras Indeta cuenta con 4 tipos de molinos laminadores los cuales se listan a continuación:

- Trío de desbaste Pomini Farrel
- Molino laminador Shloemman
- Molino laminador Pomini Farrel Tipo RR-G3
- Molino laminador Pomini Farrel Tipo RR-G1

De éstos sólo los últimos 3 son responsabilidad del taller de mantenimiento de molinos.

Los molinos Shloemman tienen la característica de estar formados por una carcasa que se encuentra montada en la planta, y únicamente se realiza el mantenimiento general a las chumaceras con todo y rodillos instalados, los cuales son trasladados al taller para su mantenimiento.

En total son 8 conjuntos chumacera rodillo disponibles, 4 que se encuentran montados en el molino Shloemman #1 y #2 y #4 los cuales se encuentran en mantenimiento para cuando los que están montados finalicen su campaña de trabajo.

Del molino laminador Pomini Farrel tipo RR-G3 se encuentra 4 disponibles: 2 en operación en el laminador de barras y 2 en el taller de mantenimiento de molinos, disponibles para trabajar cuando los que se encuentran en operación cumplen su campaña.

Los molinos de laminación Pomini Farrel tipo RR-G1 son los que se encuentran en actividades de mantenimiento rutinarios, ya que se cambian frecuentemente debido al rendimiento inferior de los rodillos de laminación y por el cambio de tipo de producto semana a semana, que requiere un cambio de calibración completa en algunos casos. Estos molinos de laminación son 20 en total; 10 se encuentran montados en operación y 10 se encuentran disponibles para ser utilizados después de labores de mantenimiento.

3.1.1. Descripción de actividades del taller

Las actividades principales realizadas actualmente son las siguientes:

- Limpieza de molinos de laminación RR-G1
- Limpieza de molinos de laminación RR-G3
- Cambio de rodillos de laminación en molinos RR-G1
- Cambio de rodillos de laminación en molinos RR-G3
- Recambio de piezas deterioradas
- Ajustes y calibraciones generales

3.1.2. Programas de mantenimiento

El programa de mantenimiento actual es informal, dando un mantenimiento completo a los molinos de laminación RR-G3 cada 6 meses aproximadamente, al finalizar su campaña de trabajo.

Este mantenimiento consiste básicamente en las siguientes etapas:

- Limpieza de molino
- Desmontaje de rodillos
- Inspección de laberintos
- Inspección de chumaceras
- Inspección de rodamientos
- Pintura general de molino

En el caso de los molinos de laminación RR-G1 se realiza cambio de rodillos muy frecuente que se aprovecha para inspeccionar únicamente los laberintos y rodamientos pero no su mecanismo de regulación vertical, axial y *gabbia*. Realizando actividades de mantenimiento en estas partes del molino únicamente cuando se presenta un problema.

3.1.3. Documentación general utilizada

La documentación utilizada en el taller, actualmente, es únicamente un documento llamado orden de trabajo, que se utiliza en un 50% debido a que solo sirve para informar a los mecánicos del turno nocturno los trabajos por realizar, sin detallar recursos, observaciones, etc.

Estas órdenes de trabajo no se utilizan como apoyo para futuras tomas de decisiones, ni se guarda un historial de ellas.

No se cuenta con planos formales de elementos de los molinos como apoyo para el mecánico de molinos, por lo tanto todo está sujeto a la experiencia de cada uno de ellos. Esto trae como consecuencias variaciones en la forma de trabajo y toma de decisiones equivocadas que se traducen en interrupciones operacionales prolongadas, debido a una mala labor en el taller de mantenimiento de molinos.

4. MANUAL DE MANTENIMIENTO DE MOLINO RR-G1

4.1. Información técnica del molino RR-G1

La información técnica del molino RR-G1 está compuesta por sus especificaciones técnicas, descripción de funcionamiento y descripción de partes fundamentales.

4.1.1. Especificaciones técnicas

Marca: Pomini Farrel

Modelo: G1

Diámetro máximo rodillos: 340 mm

Diámetro mínimo rodillos: 255 mm

Tabla del rodillo: 600 mm

Mecanismo de regulación: manual

Peso: 3.5 ton

4.1.2. Descripción de funcionamiento

El molino de laminación es el encargado de proporcionar la fuerza de deformación de la materia prima en proceso en cada pase de laminación, a través de los rodillos laminadores.

Para transmitir el movimiento hacia los rodillos se utiliza un sistema de acople tipo cardán, desde el reductor hacia los manguitos de acople que se encuentran montados en los muñones de los rodillos laminadores.

Un molino de laminación requiere de 2 tareas de calibración fundamentales para poder trabajar las cuales son: regulación vertical de rodillos y alineación de rodillos.

La regulación vertical de rodillos se realiza al girar el eje de transmisión de la *gabbia* utilizando una llave de calibración, el rodillo superior es el que se mueve para arriba o hacia abajo de acuerdo con la dirección del movimiento de la llave de calibración.

La alineación del rodillo superior es realizada al utilizar una llave de calibración en la contratuerca del mecanismo de alineación y luego girar la tuerca en la dirección deseada, de acuerdo a la necesidad de alineación.

Una vez calibrado el molino éste queda habilitado para la operación la cual se realiza de manera automática, desde la cabina de mandos del laminador de barras.

4.1.3. Descripción de partes fundamentales

Gabbia

Es una caja de transmisión que cumple la función de transformar el movimiento de rotación de la llave de regulación en un movimiento axial vertical a los 4 tornillos de regulación, que sirve para regular la distancia entre rodillos laminadores

Mecanismo de regulación vertical

Es el encargado de calibrar la distancia entre rodillos laminadores con el movimiento del eje de transmisión de la *gabbia*, el cual se distribuye hacia los ejes de regulación vertical.

Mecanismo de alineación de cilindros

Se encuentra ubicado en la parte superior del molino laminador, está compuesto de un buje roscado y una contratuerca roscada, la cual se calibra de acuerdo a la necesidad de alineación del cilindro superior con respecto al inferior.

Mecanismo de acople

Está compuesto de 2 mangos de acople que van montados en el muñón de los cilindros laminadores y unidos hacia los ejes de transmisión tipo cardán, que se encargan de proporcionar el giro a los rodillos de los molinos.

4.2. Manual de partes del equipo

El manual de partes del equipo proporciona un listado actualizado de las piezas del molino RR-G1 y el detalle de planos específicos.

4.2.1. Listado general de piezas

En las siguientes tablas se encuentra el listado actualizado de las piezas que componen el molino RR-G1 y los distintos mecanismos para su funcionamiento.

Tabla IV. Listado de piezas de *Gabbia*

#	Cantidad	Descripción	Referencia
<i>Gabbia</i>			
1	1	Caja de transmisión 140x775x120 mm	
2	4	Coronas dentadas de bronce	
3	2	Ejes con rosca sin fin	
4	4	Bujes plásticos	
5	1	Acople para ejes con rosca sin fin	
6	1	Tapadera para acople de ejes	
7	2	Tapaderas de alojamiento de bujes	
8	2	Cuñas para ejes y acoples	
9	2	Tapaderas para caja de transmisión	
10	36	Tornillos hexagonales M8x20	
11	8	Tornillos <i>allen</i> M10x20	

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Listado de piezas del mecanismo de regulación vertical**

#	Cantidad	Descripción	Referencia
Mecanismo de regulación vertical			
12	2	Tornillos de regulación rosca izquierda	IND-1071-001
13	2	Tornillos de regulación rosca derecha	IND-1071-001
14	2	Tuercas de regulación inferiores derechas	IND-1071-002
15	2	Tuercas de regulación superiores izquierdas	IND-1071-004
16	2	Tuercas de regulación inferiores derechas	IND-1071-002
17	2	Tuercas de regulación superiores izquierdas	IND-1071-004
18	8	Tuercas de tope	
19	4	Bujes roscados	IND-1071-007
20	4	Tuercas almenadas M42x2.5	
21	4	Arandelas de presión M42	
22	4	Brazos de carga	
23	4	Resortes para tensión	

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Listado de piezas del sistema de acople**

#	Cantidad	Descripción	Referencia
Sistema de acople			
36	2	Manguitos de acople a transmisión	
37	16	Tornillos hexagonales M10x1.5	
38	4	Alzas de ajuste a manguitos	

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Listado de piezas del mecanismo de rodamiento**

#	Cantidad	Descripción	Referencia
Mecanismo de rodamiento			
24	8	Rodamientos SKF 314190	
25	4	Rodamientos SKF L66896	
26	4	Tapaderas laberinto internas	
27	2	Tornillo de tope	
28	2	Tornillos <i>allen</i> M10x1.5 de tope	
29	3	Tapaderas laberinto externas	

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Listado de piezas del mecanismo de regulación axial**

#	Cantidad	Descripción	Referencia
Mecanismo de regulación axial			
32	1	Tapadera laberinto con rosca de regulación	
33	1	Buje roscado para regulación	
34	1	Tuerca de tope	

Fuente: elaboración propia.

4.2.2. Planos específicos

A continuación se listan los planos de las principales partes de máquina de los molinos de laminación RR-G1 los cuales se encuentran en los documentos anexos.

Tabla IX. **Listado de planos de partes de máquina**

Código	Descripción
IND-1071-001	Tornillo de regulación para cajas RR-G1
IND-1071-002	Tuerca inferior reguladora de rodillo
IND-1071-003	Tuerca inferior reguladora de rodillo vista lateral
IND-1071-004	Tuerca superior reguladora de rodillo
IND-1071-005	Cubierta superior de chumacera RR-G1
IND-1071-006	Resorte RR-G1
IND-1071-007	Buje roscado RR-G1
Código	Descripción
IND-1071-008	Tapadera chumacera RR-G1
IND-1071-009	Tapadera laberinto RR-G1
IND-1071-010	Tapadera laberinto RR-G1 2
IND-1071-011	Anillo espaciador para brazos RR-G1
IND-1071-012	Casquillos RR-G1

Fuente: elaboración propia.

4.3. Procedimientos documentados

Los siguientes procedimientos documentados, proporcionan una descripción detallada de la secuencia actividades para realizar las tareas críticas de mantenimiento de los molinos RR-G1.

4.3.1. Procedimiento para desmontaje de rodillos de laminación

Objetivo del procedimiento: desarmar las cajas de laminación de manera adecuada y segura

Responsables: mecánicos del taller de mantenimiento de molinos

Campo de aplicación: taller de mantenimiento de molinos

Descripción de actividades del procedimiento

- Limpiar molino y lavar partes externas de chumaceras: utilizar grúa y *slingas* de cadena para montar el molino sobre el carretón y realizar la limpieza con pistola de aire, diesel y *wipe* para eliminar polvo, escoria y grasa, completamente, incluyendo las contratuercas de las 4 patas. Al finalizar se debe dejar limpia el área.

Puntos clave: verificar pre-uso de grúa de planta y de *slingas*. Utilizar mascarilla y guantes apropiados.

- Desmontar tornillería y acoples: se desmontan manguitos, se limpian y se revisan las roscas. Se quitan tornillos de centro, tuerca y contratuerca

de fijación de laberintos. Se desmontan también las platinas de sujeción de la *gabbia*.

- Montar el molino en el robot: utilizar grúa y slingas de cadena para montar el molino sobre el robot.

Puntos clave: verificar pre-uso de grúa del taller y *slingas*

- Realizar la apertura del molino: abrir el molino y colocar las paletas de sujeción de rodillos para garantizar que no se caigan.
- Desengrapar el molino: una vez fijados los rodillos al robot por medio de los 8 tornillos instalados para ello, utilizar barretas para separar las mitades del molino hasta descubrir totalmente los cuellos de los rodillos.

Puntos clave: usar guantes para sujetar bien y verificar puntos de apoyo de barretas.

- Inspeccionar las chumaceras: eliminar el exceso de lubricante y suciedad utilizando diesel para revisión de pistas y rodamientos radiales y axiales así como los laberintos y tapaderas de las chumaceras. Todo esto colocando una bandeja para evitar suciedad en el piso. Para realizar la inspección de las cajas con carga axial se debe girar la mitad del molino usando la grúa.

Puntos clave: depositar grasa en lugar apropiado y ver el instructivo sustitución de laberintos y rodamientos para mayor referencia.

- Realizar la apertura y cierre del molino: desplazar los carritos transportadores hasta engrapar nuevamente el molino para luego cerrarlo y abrirlo por medio del moto-reductor que debe ser montado con la grúa y anclado con una palanca y un punto de apoyo en los rieles del robot. Esto se hace para asegurarse que no existen inconvenientes si se necesita trabajar con rodillos de diámetros máximo y/o mínimo.
- Eliminar el exceso de escoria: liberar los 8 espacios entre brazos y chumaceras de la existencia de escoria utilizando una herramienta punzante y posteriormente sopletear con aire.
- Verificar las alturas de calibración: trasladar el molino desde el robot al carretón y medir las alturas entre brazo y chumacera.

4.3.2. Procedimiento para montaje de rodillos de laminación

Objetivo del procedimiento: armar los molinos de laminación adecuadamente para evitar interrupciones y aumento de pérdida metálica, garantizando la continuidad del proceso

Responsables: mecánicos del taller de mantenimiento de molinos

Campo de aplicación: taller de mantenimiento de molinos

Descripción de actividades del procedimiento

- Clasificar los rodillos de laminación: consultar red de calibraciones.

Puntos clave: conocer programa de producción y/o solicitud de molino

- Montar los rodillos en el robot: utilizar grúa y *slingas*.

Puntos clave: verificar pre-uso de grúa del taller y de *slingas*

- Decidir si se utilizara una caja armada o desarmada: se toma la decisión con base en la cantidad de molinos disponibles.

- Trasladar y desengrapar el molino a utilizar: utilizar la grúa, *slingas* y barretas, una vez desengrapado.

Puntos clave: verificar pre-uso de grúa del taller y *slingas* y usar guantes apropiados

- Limpiar molino y lavar partes externas de chumaceras: utilizar grúa y *slingas* de cadena para montar el molino sobre el carretón y realizar la limpieza con pistola de aire, diesel y *wipe* para eliminar polvo, escoria y grasa completamente, incluyendo las contratuercas de las 4 patas. Al finalizar se debe dejar limpia el área.

Puntos clave: verificar pre-uso de grúa de planta y de *slingas*, utilizar mascarilla y guantes apropiados

- Desmontaje de tornillería y acoples: desmontar manguitos, limpiar y revisar las roscas. Se quitan tornillos de centro, tuerca y contratuerca de fijación de laberintos. Se desmontan también las platinas de sujeción de la *gabbia*.
- Montar el molino en el robot: utilizar grúa y *slingas* de cadena para montar el molino sobre el robot.

Puntos clave: verificar pre-uso de grúa del taller y *slingas*

- Realizar la apertura del molino: abrir el molino y se colocar las paletas de sujeción de rodillos para garantizar que no se caigan los rodillos.
- Desengrapar el molino: una vez fijados los rodillos al robot por medio de los 8 tornillos instalados para ello, utilizar barretas para separar las mitades del molino hasta descubrir totalmente los cuellos de los rodillos

Puntos clave: utilizar guantes para sujetar bien y verificar puntos de apoyo de barretas

- Inspeccionar las chumaceras: eliminar el exceso de lubricante y suciedad utilizando diesel para revisión de pistas y rodamientos radiales y axiales, así como los laberintos y tapaderas de las chumaceras. Todo esto colocando una bandeja para evitar suciedad en el piso. Para realizar la inspección de las cajas con carga axial se debe girar la mitad del molino usando la grúa.

Puntos clave: depositar grasa en lugar apropiado y ver el instructivo sustitución de laberintos y rodamientos para mayor referencia.

- Montar la empaquetadura: colocar *O-Ring* de 7mm en los cuatro laberintos que van en los cuellos de los rodillos.
- Engrapado y realizar el cierre y apertura del nuevo molino: desplazar los carritos transportadores hasta engrapar nuevamente el molino, para luego cerrarlo y abrirlo por medio del moto-reductor que debe ser montado con la grúa y anclado con una palanca y un punto de apoyo en los rieles del robot. Esto se hace para asegurarse que no existen inconvenientes si se necesita trabajar con rodillos de diámetros máximo y/o mínimo.

Puntos clave: asegurarse previamente de la apertura de engrape a 340 mm.

- Eliminar el exceso de escoria: liberar los 8 espacios entre brazos y chumaceras de la existencia de escoria utilizando una herramienta punzante y posteriormente soplear con aire.

- Verificar las alturas de calibración: medir las alturas entre brazo y chumacera.
- Calibrar la separación entre rodillos: calibrar la misma separación en ambos extremos de los rodillos utilizando un calibrador de hojas.
- Realizar la revisión final del molino: utilizar barretas para verificar que no se muevan verticalmente las chumaceras y los cilindros horizontalmente.
- Lubricar manualmente el molino: una vez colocados los manguitos se colocan graseras para lubricación manual y luego deben ser retiradas.

Puntos clave: dejar limpia el área al finalizar la lubricación.

- Trasladar el molino a la planta: colocar la etiqueta de identificación del molino, donde se detalla el número de molino, el diámetro de los rodillos, la cantidad y tipo de calibres útiles y trasladar el molino a la planta utilizando la grúa y *slingas* de cadena apropiadas.

Puntos clave: utilizar guates apropiados y verificar pre-uso de grúa de planta y de *slingas*.

4.3.3. Procedimiento para desarme de molinos de laminación RR-G1

Objetivo del procedimiento: desarmar los molinos de laminación RR-G1 de forma segura

Responsables: supervisor y mecánicos del taller de mantenimiento de molinos

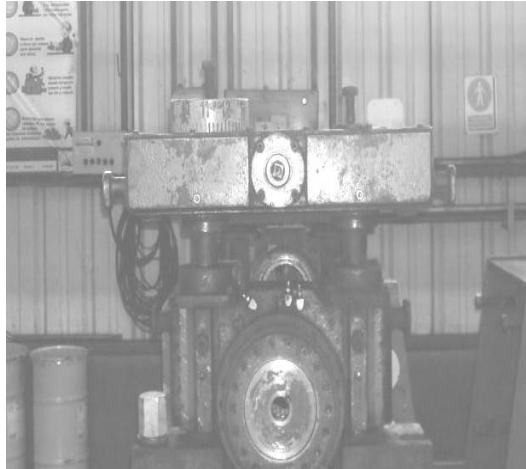
Campo de aplicación: este procedimiento es aplicable a los molinos de laminación Pomini Farrel RR-G1

Descripción de actividades del procedimiento

- Desmontar los rodillos de laminación: consultar el procedimiento documentado para desmontaje de rodillos de laminación.
- Desmontar *gabbia* de bloque de chumacera a desarmar: quitar 2 tornillos M24 x 50 y corona de regulación de calibración y levantar la caja de transmisión con la grúa.

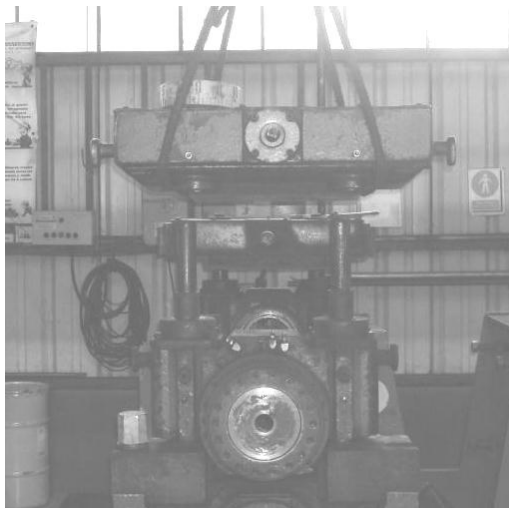
Puntos clave: antes de utilizar la grúa verificar la realización del *checklist* pre-uso para grúas.

Figura 8. **Molino y tornillos de corona de regulación**



Fuente: planta de laminación Indeta, Corporación Aceros de Guatemala.

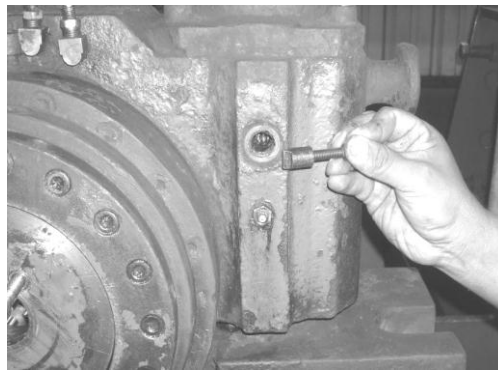
Figura 9. **Desmontaje de *gabbia***



Fuente: planta de laminación Indeta, Corporación Aceros de Guatemala.

- Desmontar tornillería y accesorios de chumacera superior.
- Quitar tapaderas de chumaceras, cuña de eje de regulación vertical y seguros de tuercas de regulación.

Figura 10. **Seguro de tuerca de regulación**



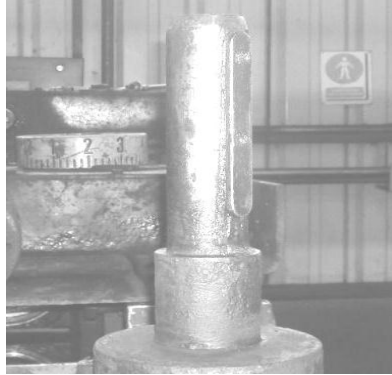
Fuente: planta de laminación Indeta, Corporación Aceros de Guatemala.

Figura 11. **Tornillos de tapadera de chumacera**



Fuente: planta de laminación Indeta, Corporación Aceros de Guatemala.

Figura 12. **Cuña de eje de regulación vertical**



Fuente: planta de laminación Indeta, Corporación Aceros de Guatemala.

Puntos clave: para desmontar las tapaderas superiores de chumaceras se deberá quitar los 4 tornillos *allen* M16 con pistola neumática.

- Quitar resortes y tuercas de regulación superiores; estos quedan libres al quitar los tornillos y las tapaderas superiores

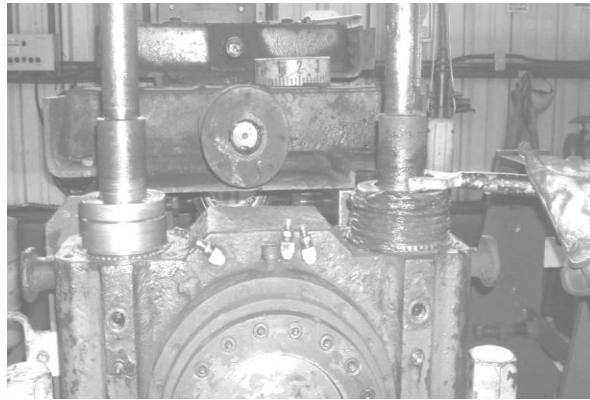
Figura 13. **Resorte de compresión**



Fuente: planta de laminación Indeta, Corporación Aceros de Guatemala.

Para sacar las tuercas superiores, las cuales se encuentran roscadas en los tornillos de regulación, se utiliza la llave de calibración de 12 mm.

Figura 14. **Desmontaje de tuercas de regulación**



Fuente: planta de laminación Indeta, Corporación Aceros de Guatemala.

- Levantar chumacera de superior.
- Se levanta la chumacera superior con el uso de la grúa y se coloca en banco de trabajo.

Figura 15. **Desmontaje de chumacera superior**



Fuente: planta de laminación Indeta, Corporación Aceros de Guatemala.

- Trasladar chumacera inferior a banco de trabajo utilizando la grúa.

Figura 16. **Montaje de chumacera inferior en banco de trabajo**

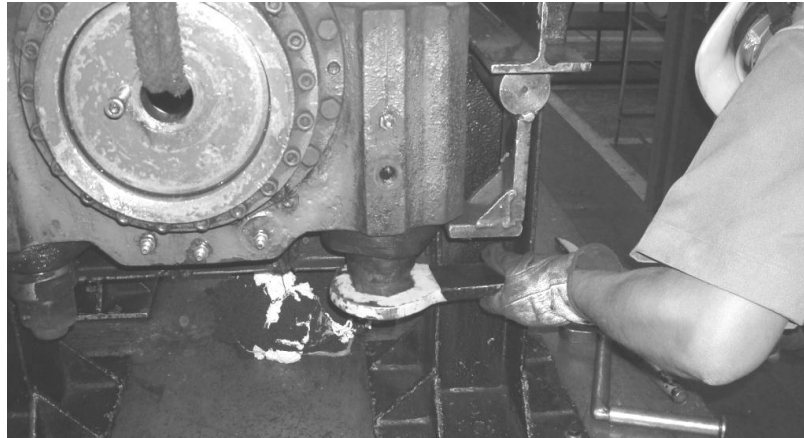


Fuente: planta de laminación Indeta, Corporación Aceros de Guatemala.

Puntos clave: chumacera inferior deberá quedar sostenida por los cargadores del banco de trabajo

- Quitar contra tuerca inferior.

Figura 17. Desmontaje de tuercas almenadas



Fuente: planta de laminación Indeta, Corporación Aceros de Guatemala.

- Quitar chaveta de tuerca almenada y luego desenroscar tuerca con llave de golpe M42.
- Desenroscar conjunto de tuerca de regulación inferior con la mano.

Figura 18. Desmontaje de buje roscado



Fuente: planta de laminación Indeta, Corporación Aceros de Guatemala.

Puntos clave: se debe utilizar guantes de piel de res para realizar esta operación.

- Sacar ejes de regulación vertical, trasladando la chumacera inferior al piso del taller y levantando con la grúa cada eje de regulación.

Figura 19. **Desmontaje de ejes de regulación vertical**



Fuente: planta de laminación Indeta, Corporación Aceros de Guatemala.

- Desmontar brazos de carga de chumacera inferior utilizando la grúa y un martillo por si se atascan.

Figura 20. **Desmontaje de brazos de carga**



Fuente: planta de laminación Indeta, Corporación Aceros de Guatemala.

En caso se necesite desarmar la *gabbia* se deberá seguir el siguiente procedimiento

- Quitar tapadera superior de *gabbia*, quitando los 36 tornillos M8x20 y levantando la tapadera.

Figura 21. **Desmontaje de tapadera de *gabbia***



Fuente: planta de laminación Indeta, Corporación Aceros de Guatemala.

- Quitar tapadera exterior de eje de transmisión que sirve para alojamiento de cojinete sacando los 4 tornillos *allen* M8x20.

Figura 22. **Tapadera exterior eje de *gabbia***



Fuente: planta de laminación Indeta, Corporación Aceros de Guatemala.

- Quitar acople de ejes de transmisión de *gabbia* quitando tornillo *allen* M10 x 20 que une el acople con el eje de transmisión.

Figura 23. **Acople de eje de transmisión de *gabbia***



Fuente: planta de laminación Indeta, Corporación Aceros de Guatemala.

- Sacar eje de transmisión golpeándolo con un martillo de goma de adentro hacia afuera.

Figura 24. **Desmontaje de eje de transmisión de *gabbia***



Fuente: planta de laminación Indeta, Corporación Aceros de Guatemala.

- Desmontar engranajes de caja de transmisión quitando las tapaderas inferiores de la *gabbia* desatornillando los 6 tornillos *allen* M8x20.

Figura 25. **Tapaderas inferiores de *gabbia***



Fuente: planta de laminación Indeta, Corporación Aceros de Guatemala.

Figura 26. **Caja de transmisión desarmada**



Fuente: planta de laminación Indeta, Corporación Aceros de Guatemala.

4.3.4. Procedimiento para armado de molinos de laminación RR-G1

Objetivo del procedimiento: armar los molinos de laminación RR-G1, garantizando un óptimo funcionamiento, sin tiempos de interrupción

Responsables: supervisor y mecánicos del taller de mantenimiento de molinos

Campo de aplicación: este procedimiento es aplicable a los molinos de laminación Pomini Farrel RR-G1

Descripción de actividades del procedimiento

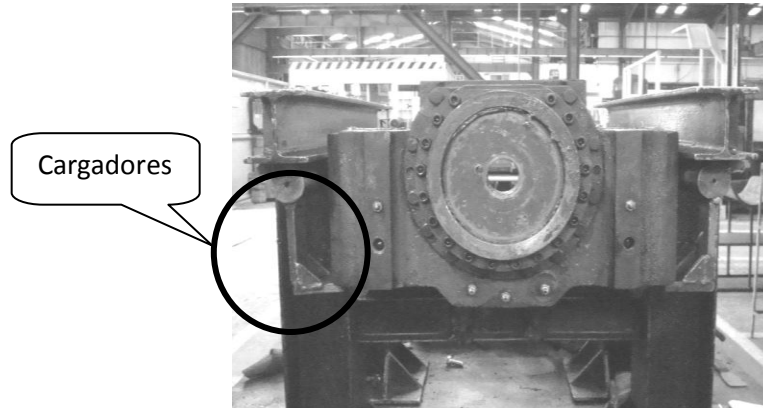
- Armar ejes de regulación vertical, montando buje roscado al eje de regulación vertical y se pone la contratuerca M42 x 2.5 almenada. Se deberá revisar la referencia por la calibración de ejes de regulación vertical.

Puntos clave: ver instructivo de trabajo de calibración de ejes de regulación vertical.

- Montar chumacera inferior en banco de trabajo, trasladándola con la grúa del taller y montarse sobre los aditamentos cargadores del banco de trabajo.

Puntos clave: antes de utilizar la grúa verificar la realización del *checklist* pre-uso para grúas, si no está hecho deberá realizarse

Figura 27. **Cargador de banco de trabajo**



Fuente: planta de laminación Indeta, Corporación Aceros de Guatemala.

- Insertar los ejes de regulación vertical armados en los alojamientos de la caja de chumacera. Levantar eje de regulación con la grúa y guiar el ingreso en los alojamientos.

Figura 28. **Carga de eje**



Fuente: planta de laminación Indeta, Corporación Aceros de Guatemala.

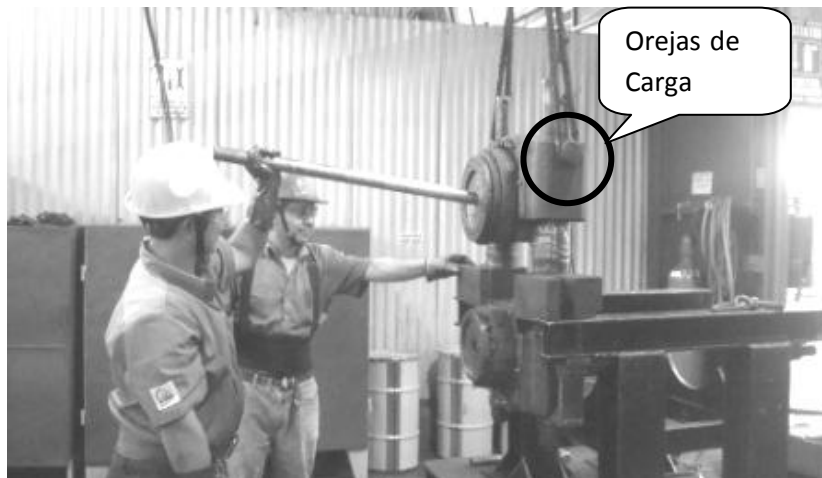
Figura 29. **Montaje de eje de regulación**



Fuente: planta de laminación Indeta, Corporación Aceros de Guatemala.

- Montar chumacera superior en los ejes de regulación vertical que se encuentran montados en el carro de trabajo, levantándola con la grúa y un lazo de 1" por las orejas de carga de la chumacera superior.

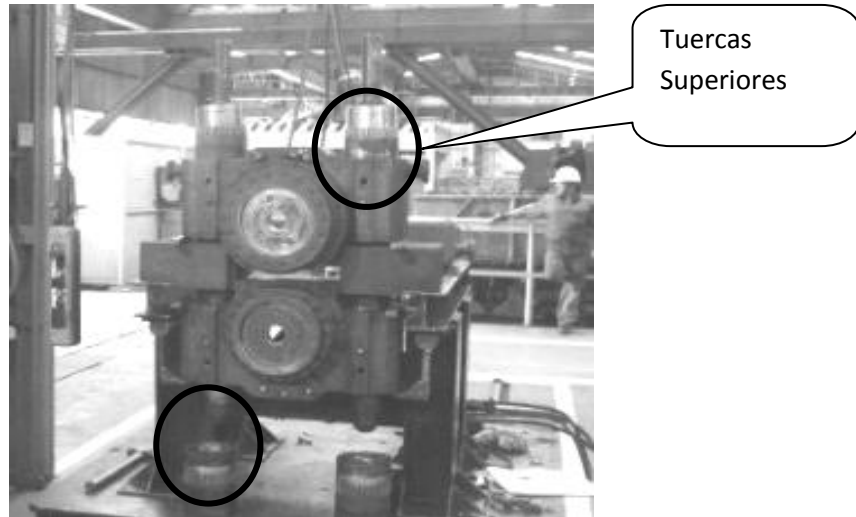
Figura 30. **Montaje de chumacera superior**



Fuente: planta de laminación Indeta, Corporación Aceros de Guatemala.

- Instalar tuercas de regulación superiores roscándolas en el tornillo de regulación y las inferiores roscándolas en el buje.

Figura 31. **Instalación de tuercas de regulación**



Fuente: planta de laminación Indeta, Corporación Aceros de Guatemala.

- Calibrar chumaceras, la superior debe quedar calibrada a 14 mm del brazo de carga y la inferior deberá quedar calibrada a 13 mm del brazo de carga. Revisar la referencia de calibración de chumaceras
- Instalar resorte y tapaderas. Se debe engrasar el resorte y poner alza de tapadera y tapadera superior de chumacera.

Puntos clave: revisar que el resorte esté en las tolerancias permisibles de trabajo y engrasarlo utilizando guantes de nitrilo.

Figura 32. **Instalación de resortes y tapaderas**



Fuente: planta de laminación Indeta, Corporación Aceros de Guatemala.

- Montar *gabbia*, levantándola con la grúa, apoyándose en los ejes de regulación y poner tuercas de fijación superiores y tambor de calibración.

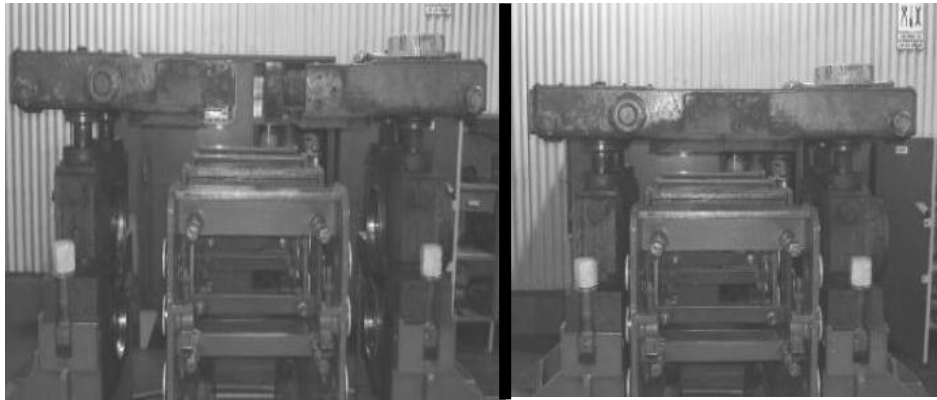
Figura 33. **Montaje de *gabbia***



Fuente: planta de laminación Indeta, Corporación Aceros de Guatemala.

- Acoplar placas de la *gabbia*, unir los 2 bloques de chumaceras (interno y externo), ya montados en robot para montaje, unir acople de transmisión y atornillar las placas de unión de *gabbia*.

Figura 34. **Acople de *gabbias***



Fuente: planta de laminación Indeta, Corporación Aceros de Guatemala.

- Realizar las pruebas de apertura y cierre, se deberá abrir y cerrar completamente el molino de laminación con motorreductor y barretar las chumaceras superiores hacia arriba y las inferiores hacia abajo para verificar que se encuentran fijas.

Puntos clave: al finalizar el trabajo se deber reportar en la orden de trabajo cualquier anomalía.

4.4. Instructivos de trabajo

Los siguientes instructivos de trabajo, proporcionan una descripción detallada de actividades de los procedimientos documentados, para el mantenimiento de los molinos RR-G1.

4.4.1. Instructivo para calibración de ejes de regulación vertical

Objetivo del instructivo: describir en detalle la secuencia para armar y calibrar los ejes de regulación, garantizando una operación adecuada del sistema de regulación vertical del molino, con la misma calibración y girando libremente, manteniendo así inalterada la línea de laminación.

Descripción del instructivo

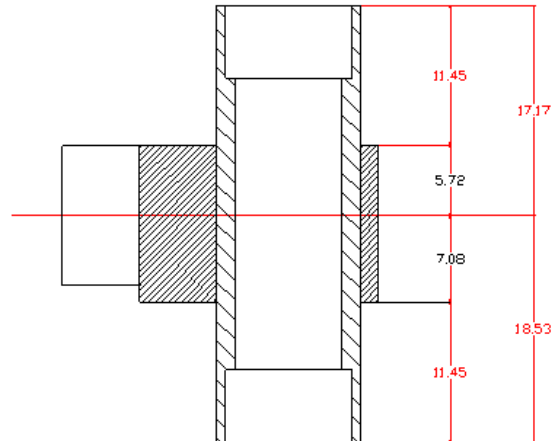
- Armar brazo de carga, montando una barra perforada en soporte. Posteriormente instalar un casquillo plástico o de bronce de cada lado en alojamientos de barra perforada.

Figura 35. **Brazo de carga**



Fuente: planta de laminación Indeta, Corporación Aceros de Guatemala.

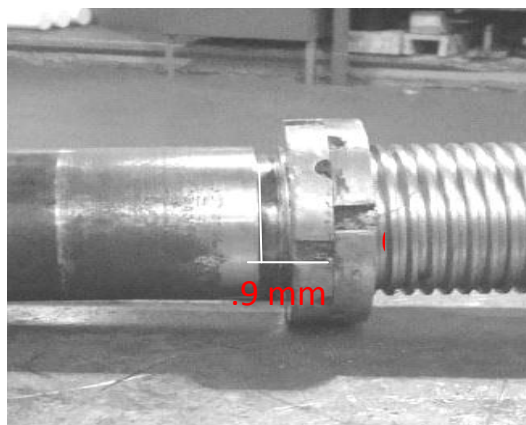
Figura 36. **Dimensiones del brazo**



Fuente: elaboración propia.

- Instalar la tuerca y contratuerca de carga, verificando una luz de 0.9 mm entre las tuercas y el final del canal de lubricación del eje.

Figura 37. **Tuerca de carga**



Fuente: planta de laminación Indeta, Corporación Aceros de Guatemala.

- Engrasar la sección lisa del tornillo de regulación con grasa Alvania EP2 para ingresar tornillo de regulación en brazo de carga.

Puntos clave: utilizar guantes de nitrilo para la aplicación de grasa.

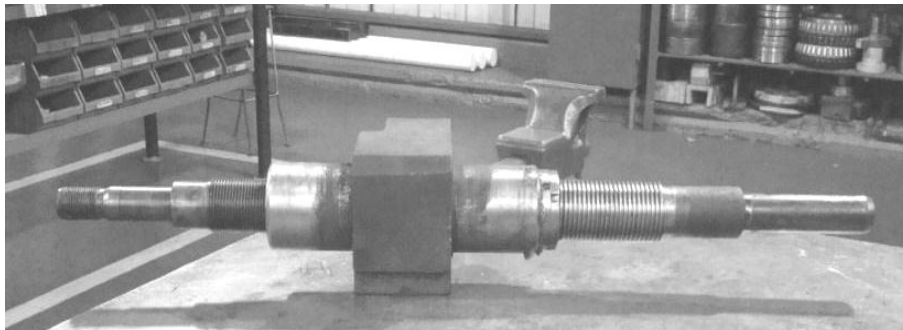
Figura 38. **Lubricación del eje de regulación**



Fuente: planta de laminación Indeta, Corporación Aceros de Guatemala.

La parte inferior del la tuerca de tope debe quedar topando la parte superior del brazo de carga

Figura 39. **Eje de regulación y brazo de carga**



Fuente: planta de laminación Indeta, Corporación Aceros de Guatemala.

- Roscar el buje roscado hasta el tope y luego regresarlo 1/20 de vuelta para dejar una luz de 0.2 mm según el paso de la rosca del tornillo de regulación (4mm). Para esto deberá engrasar previamente la rosca intermedia del tornillo de regulación.

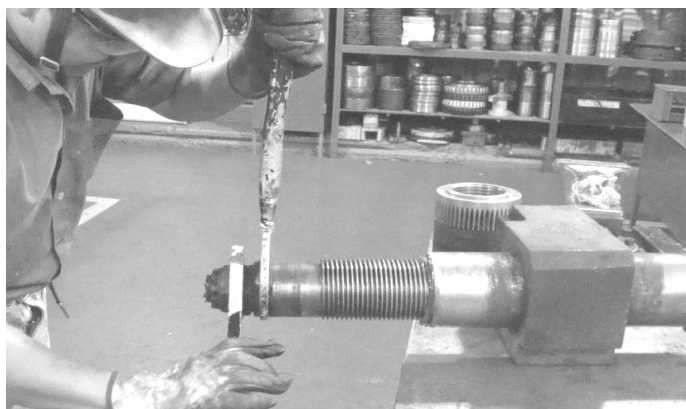
Figura 40. **Montaje de buje roscado**



Fuente: planta de laminación Indeta, Corporación Aceros de Guatemala.

- E. Poner la arandela de presión y la contratuerca inferior M42 y apretarla utilizando las llaves de calibración. Al finalizar deberá instalar la chaveta de la tuerca almenada.

Figura 41. **Instalación de tuerca almenada**



Fuente: planta de laminación Indeta, Corporación Aceros de Guatemala.

4.4.2. Instructivo para sustitución de laberintos y rodamientos

Objetivo del instructivo: identificar fácilmente los elementos dañados al momento de realizar la inspección de chumaceras en un molino, para tomar la decisión de reemplazarlos o bien continuar su uso fundamentados en un criterio unificado.

- Descripción para reemplazo de piezas:

Figura 42. **Laberinto con desprendimiento de material**



Fuente: planta de laminación Indeta, Corporación Aceros de Guatemala.

Figura 43. **Laberinto con impactos**



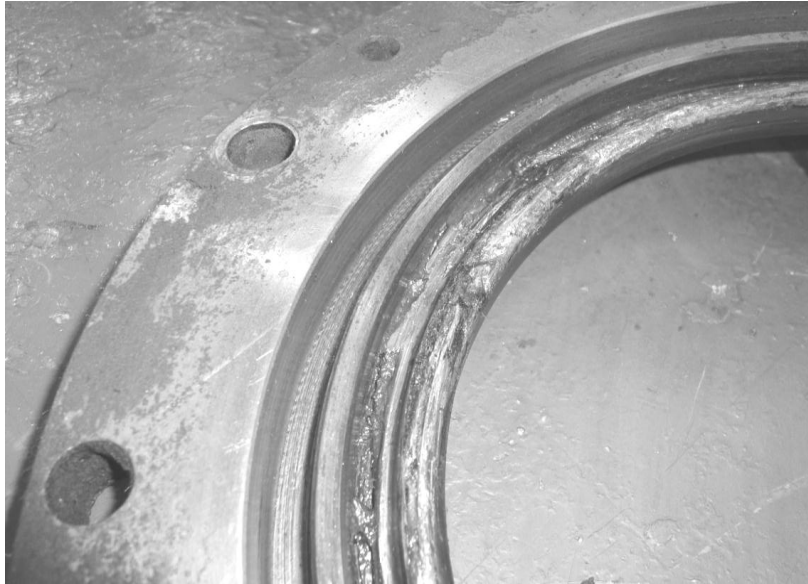
Fuente: planta de laminación Indeta, Corporación Aceros de Guatemala.

Figura 44. **Laberinto con desgaste**



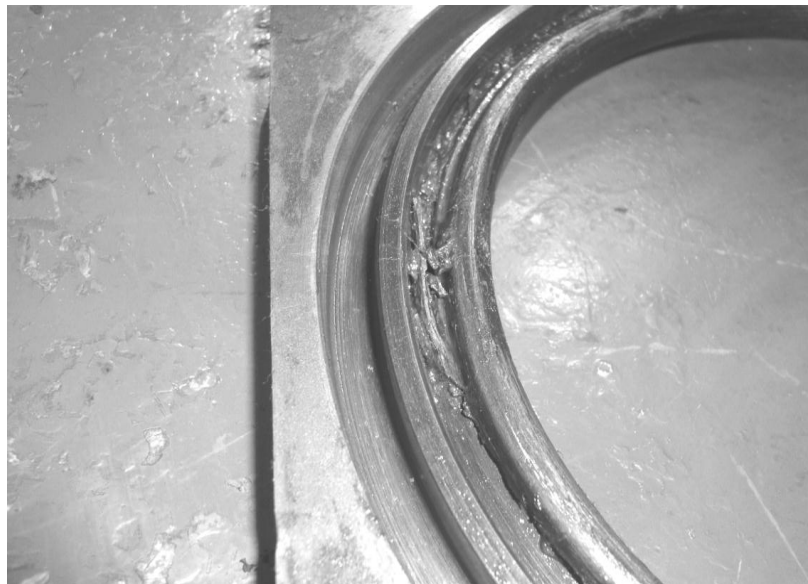
Fuente: planta de laminación Indeta, Corporación Aceros de Guatemala.

Figura 45. **Tapadera fracturada**



Fuente: planta de laminación Indeta, Corporación Aceros de Guatemala.

Figura 46. **Tapadera con desprendimiento de material**



Fuente: planta de laminación Indeta, Corporación Aceros de Guatemala.

Figura 47. **Rodamiento R con rodillo fracturado**



Fuente: planta de laminación Indeta, Corporación Aceros de Guatemala.

Figura 48. **Rodamiento R con aro exterior dañado**



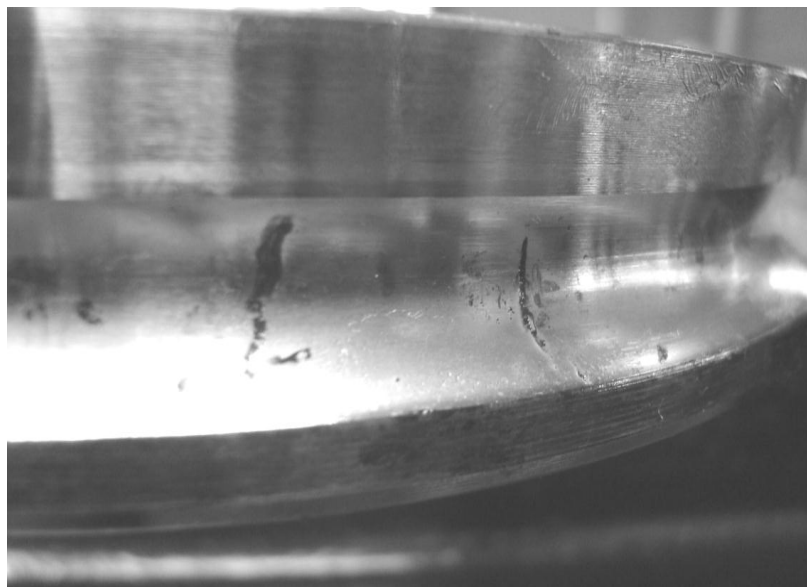
Fuente: planta de laminación Indeta, Corporación Aceros de Guatemala.

Figura 49. **Rodamiento de carga axial con aro exterior dañado**



Fuente: planta de laminación Indeta, Corporación Aceros de Guatemala.

Figura 50. **Rodamiento de carga axial con aro interior dañado**



Fuente: planta de laminación Indeta, Corporación Aceros de Guatemala.

4.5. Listado de solución de averías

A continuación se describe la solución de las principales averías del molino RR-G1 y las causas probables más importantes, este listado permite optimizar los tiempos de ejecución de las tareas de mantenimiento y retornar al molino RR-G1 a sus condiciones de operación normales con mayor brevedad.

Tabla X. Listado de solución de averías

Descripción de avería	Solución del síntoma	Causa probable
Apertura de chumacera superior al laminar barra	Remover tapadera superior de chumacera y ajustar la tuerca de regulación del lado donde se apertura de acuerdo a la necesidad de calibración.	Desajuste en las tuercas de tope de los tornillos de regulación vertical. Resortes vencidos. Fractura de diente de tuerca de regulación de Bronce. Fractura de rosca de tornillo de regulación. Desgaste excesivo de rosca de tornillo de regulación.

Continuación Tabla X.

Descripción de avería	Solución del síntoma	Causa probable
Desnivelación de rodillo superior	Desacoplar eje de transmisión de <i>gabbia</i> y calibrar la altura de chumaceras individualmente, finalmente, ya nivelado el rodillo, acoplar eje de transmisión de <i>gabbia</i>	Mala calibración en el taller de montaje de rodillos o por los operadores de laminación
Apertura de chumacera inferior al laminar la barra	Desmontar molino, calibrar el eje de regulación en taller de montaje	Probable infiltración de suciedad o mala calibración de ejes de regulación vertical
Ruido excesivo en mecanismo de acople	Parar molino de laminación, apretar castigadores de mangos de acople	Desajuste excesivo por desgaste en alzas de manguitos de acople
Desalineación constante en calibres de rodillo de laminación	Cambiar rodamientos de contacto angular, no es necesario desmontar molino	Rodamientos de contacto angular dañados
Movimiento del molino de laminación completo	Apretar pernos de base de anclaje del molino	Mal ajuste de los pernos al montar el molino
Ruido y calentamiento excesivo de las chumaceras	Verificar el sistema de lubricación	Mala lubricación a los rodamientos de las chumaceras

Fuente: elaboración propia.

4.6. Formato de órdenes de trabajo

El formato de orden de trabajo propuesto se muestra en el anexo 13, y se lista la información requerida para las tareas de mantenimiento del taller de montaje.

Los datos que se deben establecer en la orden de trabajo son: descripción de la tarea a realizar por el mecánico asignado, cada una de las actividades realizadas con su respectivo tiempo de duración y recursos utilizados para la ejecución de la tarea.

Este formato cuenta con un número correlativo para un control estricto de cada orden y futuras consultas o referencias de un trabajo específico.

4.7. Ficha de averías de máquina

El formato de averías de máquina se muestra en el anexo 14, y se utiliza para describir las averías o fallos en cada uno de los molinos de laminación.

Los datos que se deben registrar son: nombre y código de la máquina, fecha de la avería, descripción de falla, localización, acciones correctivas, tiempo de intervención y una referencia a orden de trabajo si aplicara.

CONCLUSIONES

1. Se desarrollaron los procedimientos documentados para las tareas de desmontaje y montaje de rodillos de laminación, armado y desarme de molinos RR-G1, tareas críticas del taller de mantenimiento de rodillos a través de entrevista, observación y fotografía, creando una oportunidad de uniformizar los criterios de trabajo de los mecánicos de mantenimiento.
2. Se desarrollaron instructivos de trabajo para las actividades de calibración de ejes de regulación vertical y para la sustitución de laberintos y rodamientos las cuales fueron identificadas como actividades críticas por una falta de referencia a la hora de ejecutarlas. Estos instructivos de trabajo serán una herramienta más, que se debe tener a la mano al momento de desarrollar estas actividades.
3. La lista de solución de averías propuesta corresponde a los principales problemas identificados por los mecánicos de mantenimiento, para las cuales se documentaron la solución del síntoma más probable para una pronta puesta a punto del molino y las causas más probables relacionadas con esta falla.
4. Se documentó una lista de especificación de cada parte del molino de laminación con sus respectivas especificaciones y planos de los elementos de máquina más importantes para una pronta referencia, considerando de vital importancia la revisión de estos planos para que se mantengan vigentes y actualizados para su uso.

RECOMENDACIONES

1. Los planos de elementos de máquina descritos deberán ser actualizados con cada modificación existente para garantizar que estos sean útiles en todo momento.
2. No obstante que se desarrollaron los procedimientos documentados e instructivos de trabajo con base en la experiencia de los mecánicos del taller, es fundamental establecerlos con un sistema formal de entrenamiento, con una base teórica en donde se presente cada procedimiento e instructivo, se discutan las diferencias existentes con cada uno de los involucrados y luego se verifique en la práctica. Debido a que se evidenció que existían diferencias en el método de trabajo entre los mecánicos, lo que podría ocasionar variaciones en los resultados de los procedimientos, es necesario homogenizar dichos procedimientos.
3. Para garantizar que las normas de las tareas establecidas en estos procedimientos e instructivos de trabajo se mantengan durante el tiempo, es fundamental acompañar la ejecución de estas con un sistema de auditorías de mantenimiento, por lo menos una vez al año para cada tarea y cada mecánico. Esto con el objetivo de verificar que las tareas se ejecutan según lo descrito y actuar correctiva o preventivamente en alguna situación.

BIBLIOGRAFÍA

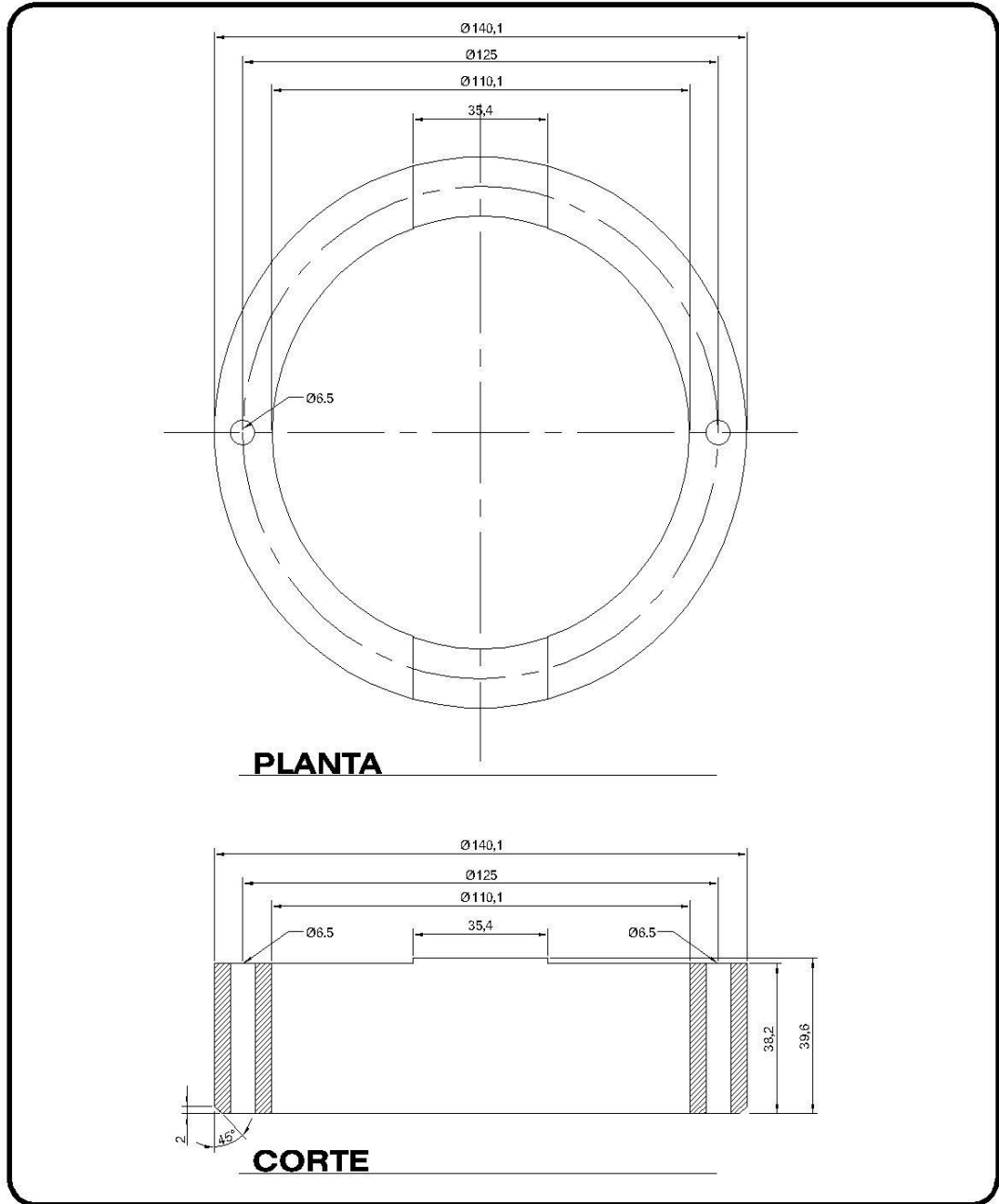
1. ASKELAND, Donald. *Ciencia e ingeniería de materiales*. United States of America: Cengage Learning, 2004. 1003 p.
2. BONA, José María. *Gestión del mantenimiento*. España: Fundación Confemetál, 2000. 440 p.
3. BURTSEV, K. *Rolling practice*. 2ª ed. United States of America: United Steel Companies Limited, 1973. 128 p.
4. HOFF, Hubert. *Laminación*. España: Dossat, 1957. 250 p.
5. LOMA CHAUPIN, Roberto. *Laminado*. Peru: Universidad Nacional de Ingeniería, 2001. 120 p.

APÉNDICE

Apéndice	Código	Descripción
A-1	IND-1071-011	Anillo espaciador para brazos RR-G1
A-2	IND-1071-012	Casquillos RR-G1
A-3		Orden de trabajo de taller de montaje
A-4		Ficha de averías de máquina

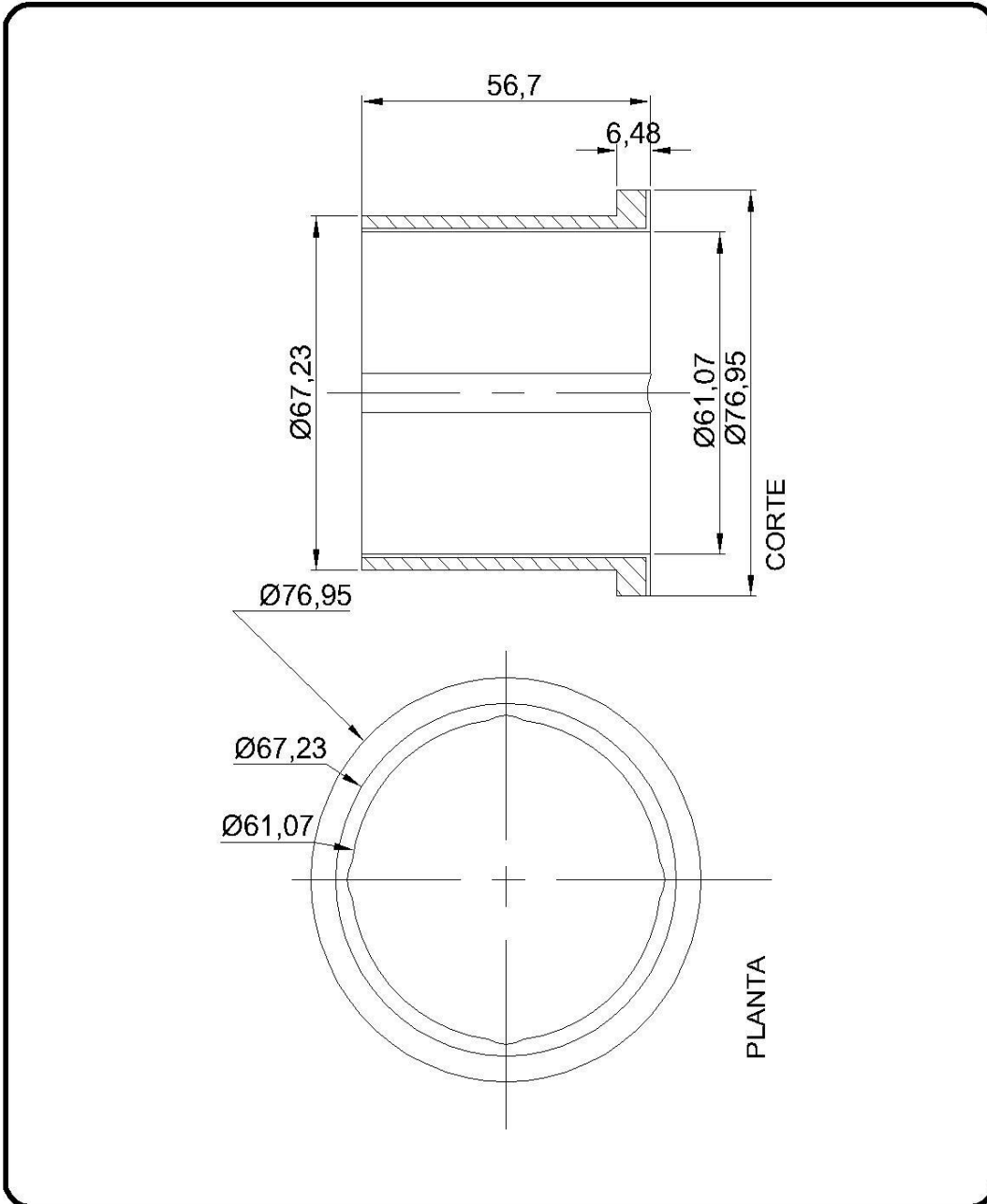
Fuente: elaboración propia.

Apéndice A-1. Anillo espaciador para brazos RR-G1



DESCRIPCION: ANILLO ESPACIADOR PARA BRAZOS RR-G1 -----	FECHA:	NOMBRE:	MATERIAL:	ESCALA:
	DIB. 17/04/09	EMM.	ACERO 705	1/00
	FECHA:	NOMBRE:	NO. DE PLANO:	MEDIDAS EN:
	APR. 17/04/09	ING MF.	IND-1071-011	mm

Apéndice A-2. Casquillos RR-G1



DESCRIPCIÓN: CASQUILLOS RRG1	FECHA:	NOMBRE:	MATERIAL:	ESCALA:
	DIB. 27/07/10	emmm++	BRONCE	1,00
	FECHA:	NOMBRE:	NO. DE PLANO:	MEDIDAS EN:
	APR. 27/07/10	ING AF.	IND-1071-012	mm

Apéndice A-3. **Orden de trabajo de taller de montaje**

No.

ORDEN DE TRABAJO TALLER DE MONTAJE

CÓDIGO DE MÁQUINA: FECHA:

MECÁNICO ASIGNADO:

TIEMPO ESTIMADO:

DESCRIPCIÓN:

RECURSOS UTILIZADOS:

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD

ACTIVIDADES REALIZADAS:

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	TIEMPO (minutos)
TOTAL DE TIEMPO:	

OBSERVACIONES O RESULTADOS DE TRABAJO:

	NOMBRE	FIRMA
SOLICITANTE		
REONSABLE		

Apéndice A-4. **Ficha de averías de máquina**

FICHA DE AVERÍAS DE MÁQUINA

NOMBRE DE MÁQUINA: CÓDIGO:

FECHA	DESCRIPCIÓN FALLA	LOCALIZACIÓN	ACCIONES CORRECTIVAS	TIEMPO INTERVENCIÓN	REF. No. OT

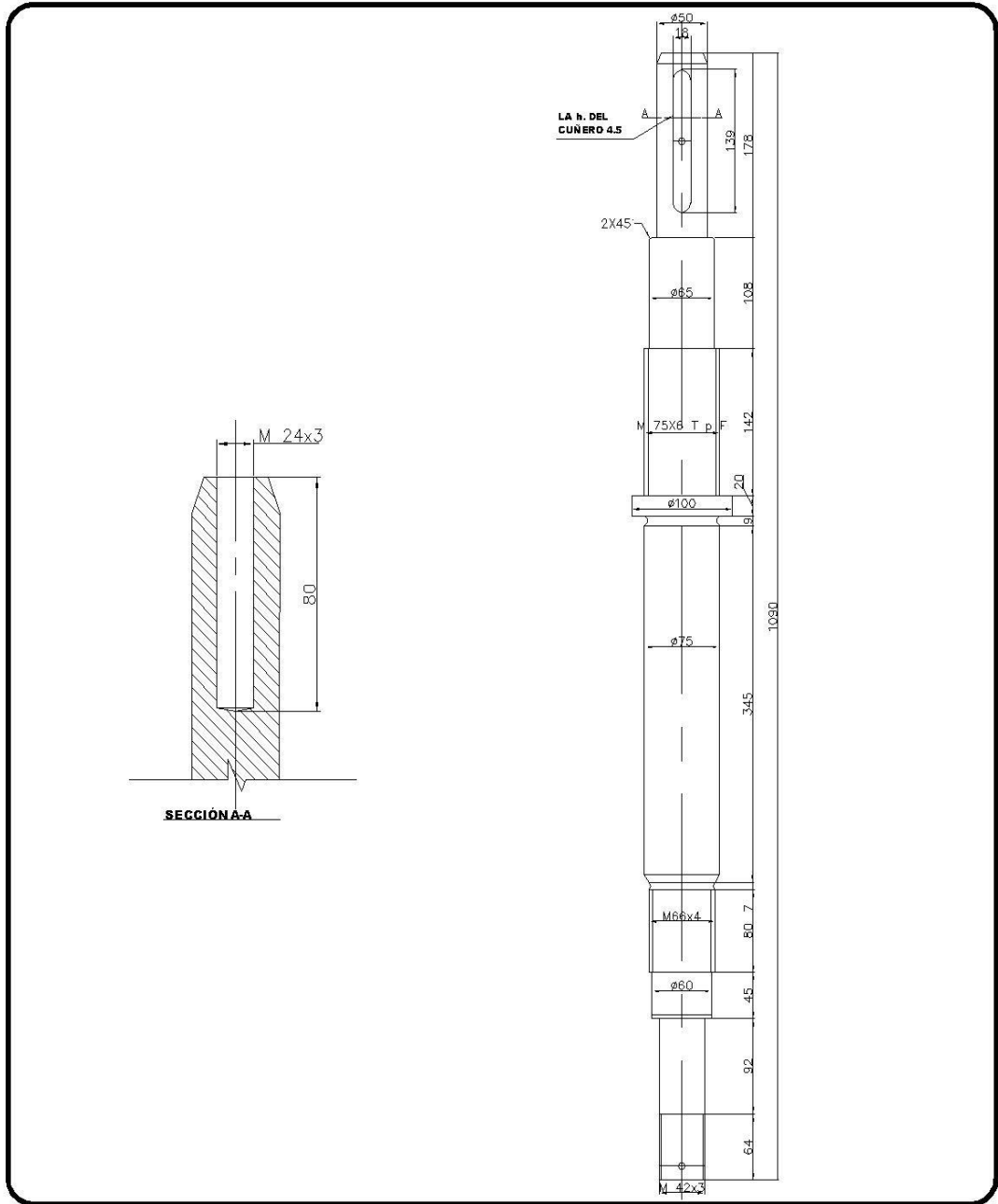
ANEXOS

Listado de planos de partes de máquina

Anexo	Código	Descripción
A-1	IND-1071-001	Tornillo de regulación para cajas RR-G1
A-2	IND-1071-002	Tuerca inferior reguladora de rodillo
A-3	IND-1071-003	Tuerca inferior reguladora de rodillo vista lateral
A-4	IND-1071-004	Tuerca superior reguladora de rodillo
A-5	IND-1071-005	Cubierta superior de chumacera RR-G1
A-6	IND-1071-006	Resorte RR-G1
A-7	IND-1071-007	Buje roscado RR-G1
A-8	IND-1071-008	Tapadera chumacera RR-G1
A-9	IND-1071-009	Tapadera laberinto RR-G1
A-10	IND-1071-010	Tapadera laberinto RR-G1 2

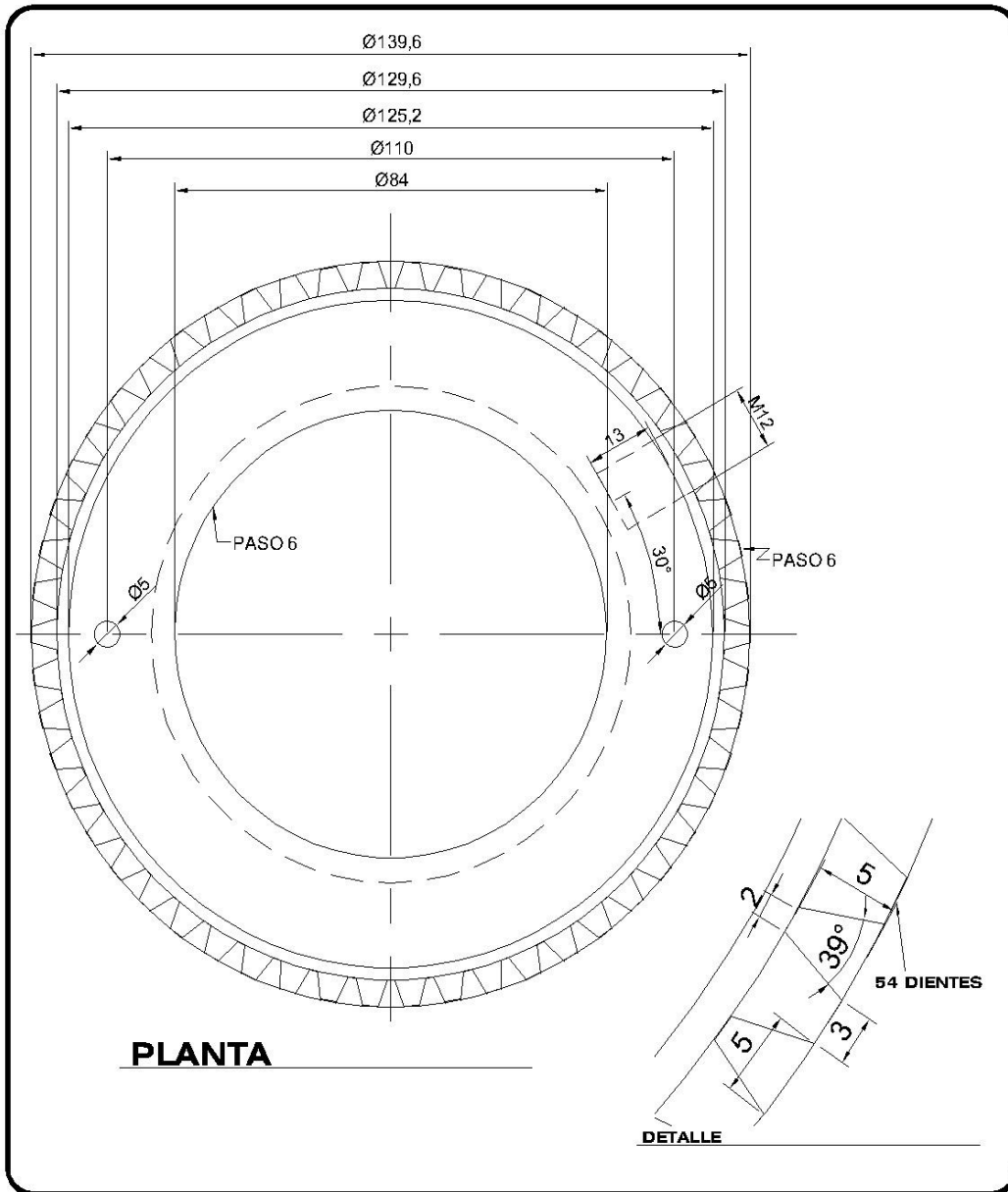
Fuente: planta de laminación Indeta, Corporación Aceros de Guatemala.

Anexo A-1. Tornillo de regulación para cajas RR-G1



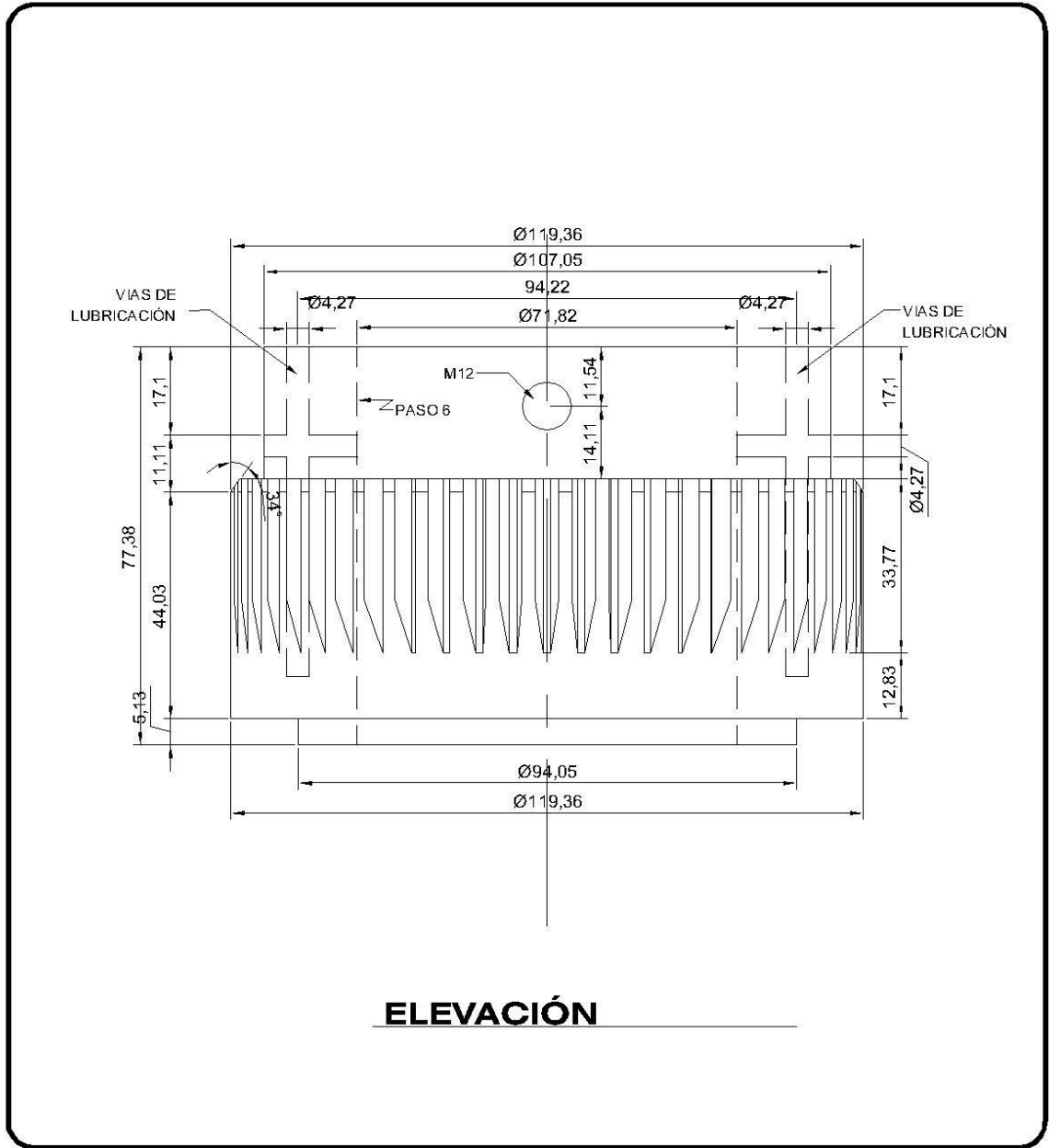
DESCRIPCIÓN: TORNILLO DE REGULACIÓN PARA CAJAS RR-G1 -----	FECHA: NOMBRE:		MATERIAL:	ESCALA:
	DIB. 16/06/10	emmm++	AISI 4340	1/00
	FECHA: NOMBRE:		NO. DE PLANO:	MEDIDAS EN:
	APR. 16/06/10	ING. MF.	IND-1071-001	mm

Anexo A-2. Tuerca inferior reguladora de rodillo



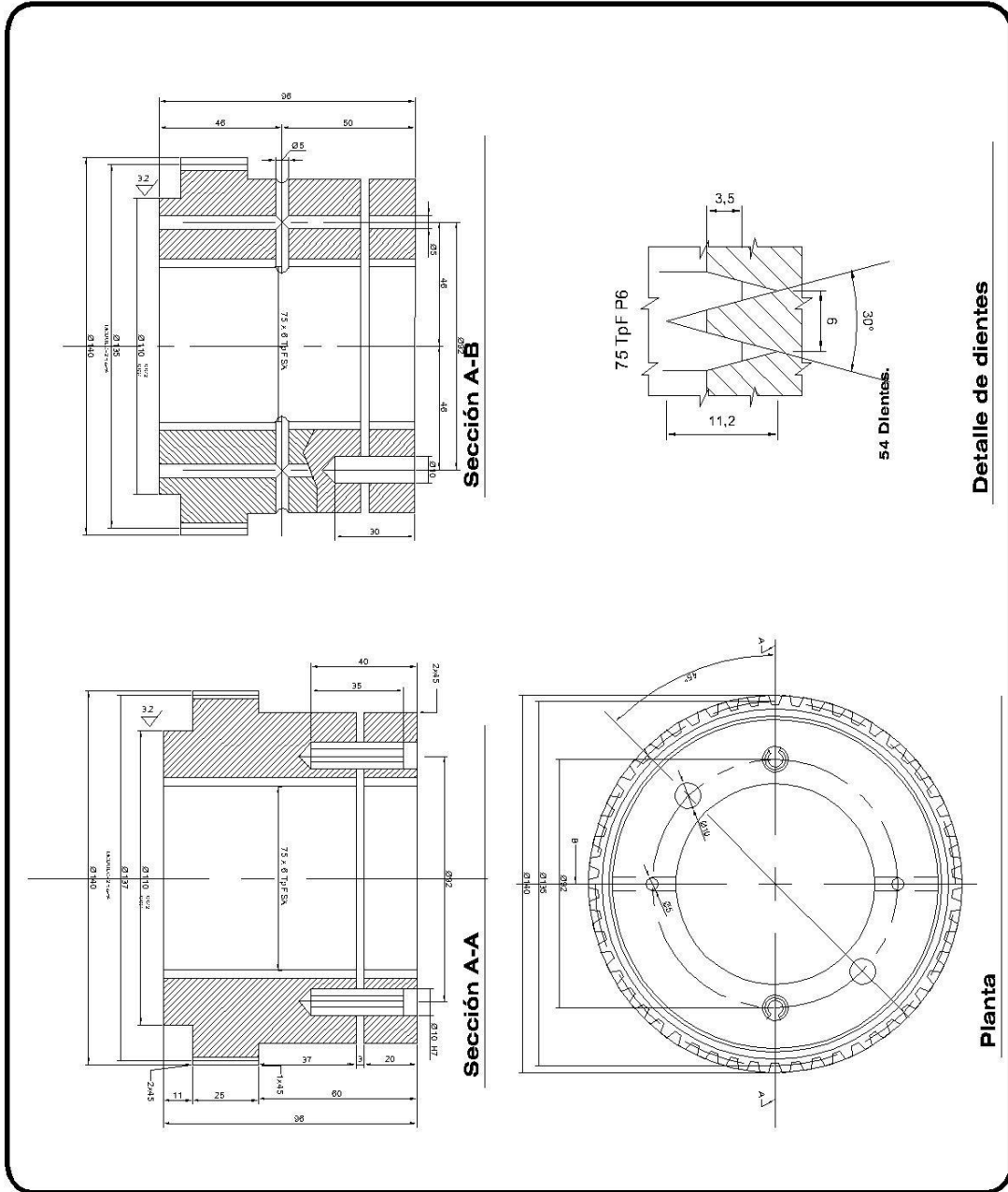
DESCRIPCIÓN: TUERCA INFERIOR REGULADORA DE RODILLO	FECHA:	NOMBRE:	MATERIAL:	ESCALA:
	DIB. 08/09/08	EMM	BRONCE	1/00
	FECHA:	NOMBRE:	NO. DE PLANO:	MEDIDAS EN:
	APR. 08/09/08	ING MF.	IND-1071-002	mm

Anexo A-3. Tuerca inferior reguladora de rodillo vista lateral



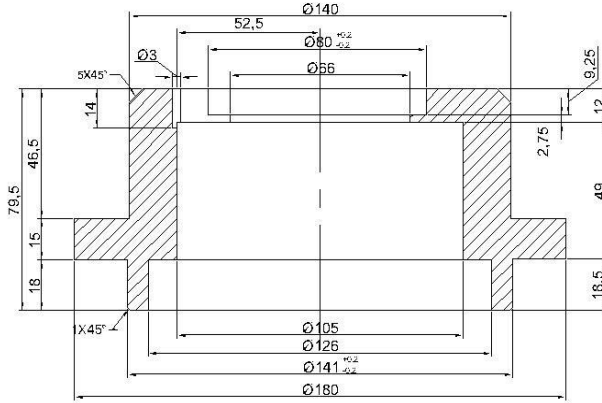
DESCRIPCIÓN: TUERCA INFERIOR REGULADORA DE RODILLO VISTA LATERAL -----	FECHA: DIB. 08/09/08	NOMBRE: 8mm++	MATERIAL: BRONCE	ESCALA: 1/00
	FECHA: APR. 08/09/08	NOMBRE: ING MF.	NO. DE PLANO: IND-1071-003	MEDIDAS EN: mm

Anexo A-4. Tuerca superior reguladora de rodillo

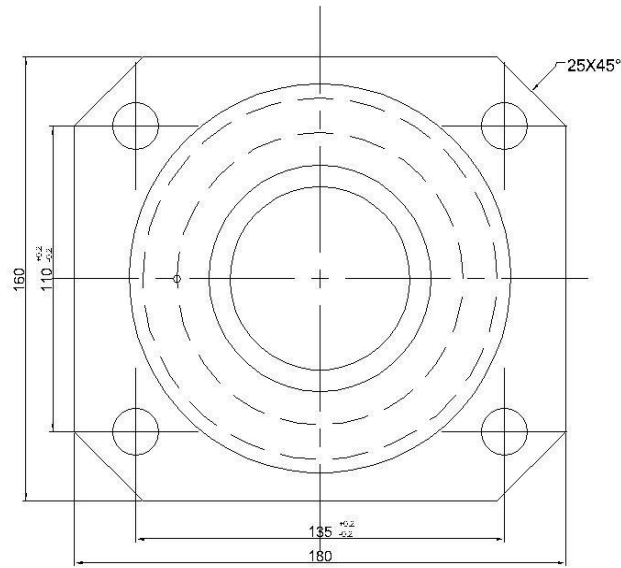


DESCRIPCIÓN: TUERCA SUPERIOR REGULADORA DE RODILLO CAJA RR-G1	FECHA: DIB. 10/09/08	NOMBRE: emm++	MATERIAL: BRONCE	ESCALA: 1/00
	FECHA: APR. 01/10/09	NOMBRE: ING MV.	NO. DE PLANO: IND-1071-004	MEDIDAS EN: mm

Anexo A-5. Cubierta superior de chumacera RR-G1



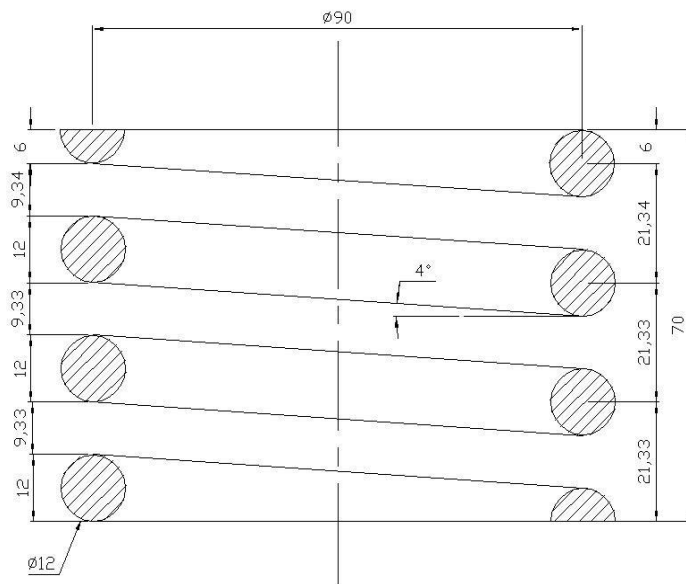
SECCIÓN



PLANTA

DESCRIPCIÓN: CUBIERTA SUPERIOR CHUMACERAS RR-G1 (MODIFICADA)	FECHA: DIB. 17/09/08	NOMBRE: EMM	MATERIAL: -----	ESCALA: 1/2
	FECHA: APR. 17/09/08	NOMBRE: ING MF.	Nº. DE PLANO: IND-1071-005	MEDIDAS EN: mm

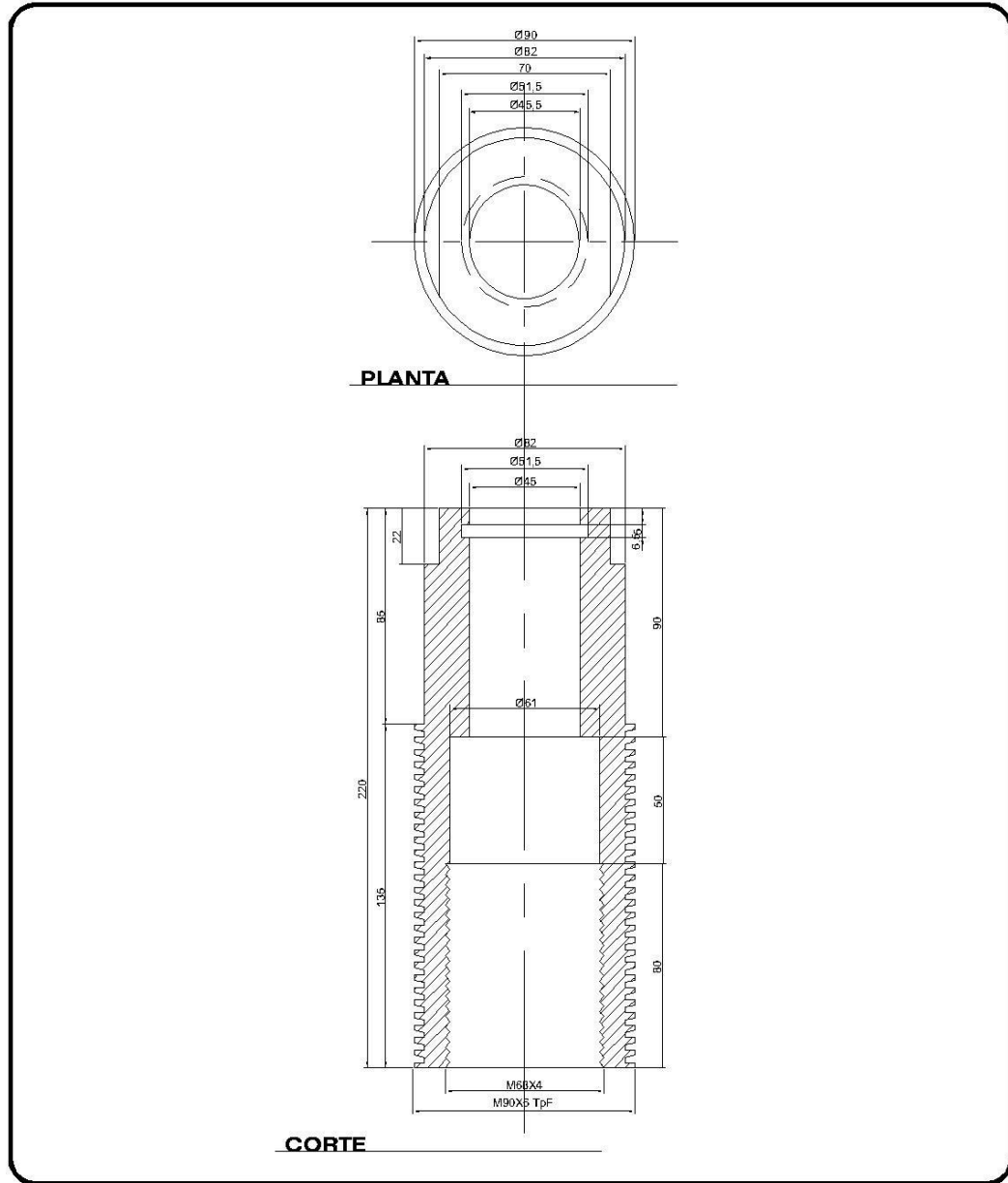
Anexo A-6. Resorte RR-G1



RESORTE

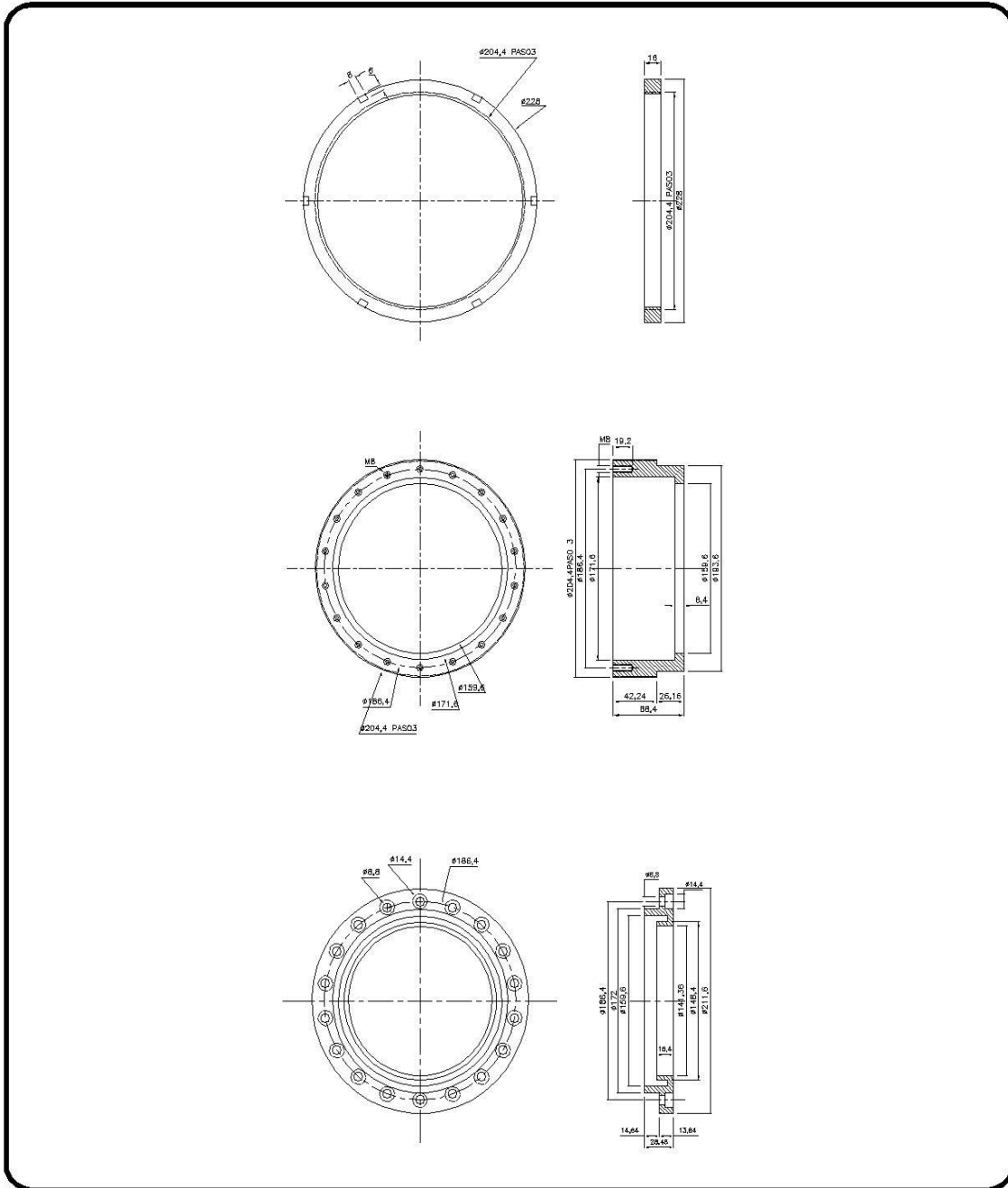
DESCRIPCION: RESORTE RR-G1	FECHA:	NOMBRE:	MATERIAL:	ESCALA:
	DIB. 21/08/04	emm++	1/00
	FECHA:	NOMBRE:	NO. DE PLANO:	MEDIDAS EN:
	APR. 21/08/04	ING MF.	IND-1071-006	mm

Anexo A-7. Buje roscado RR-G1



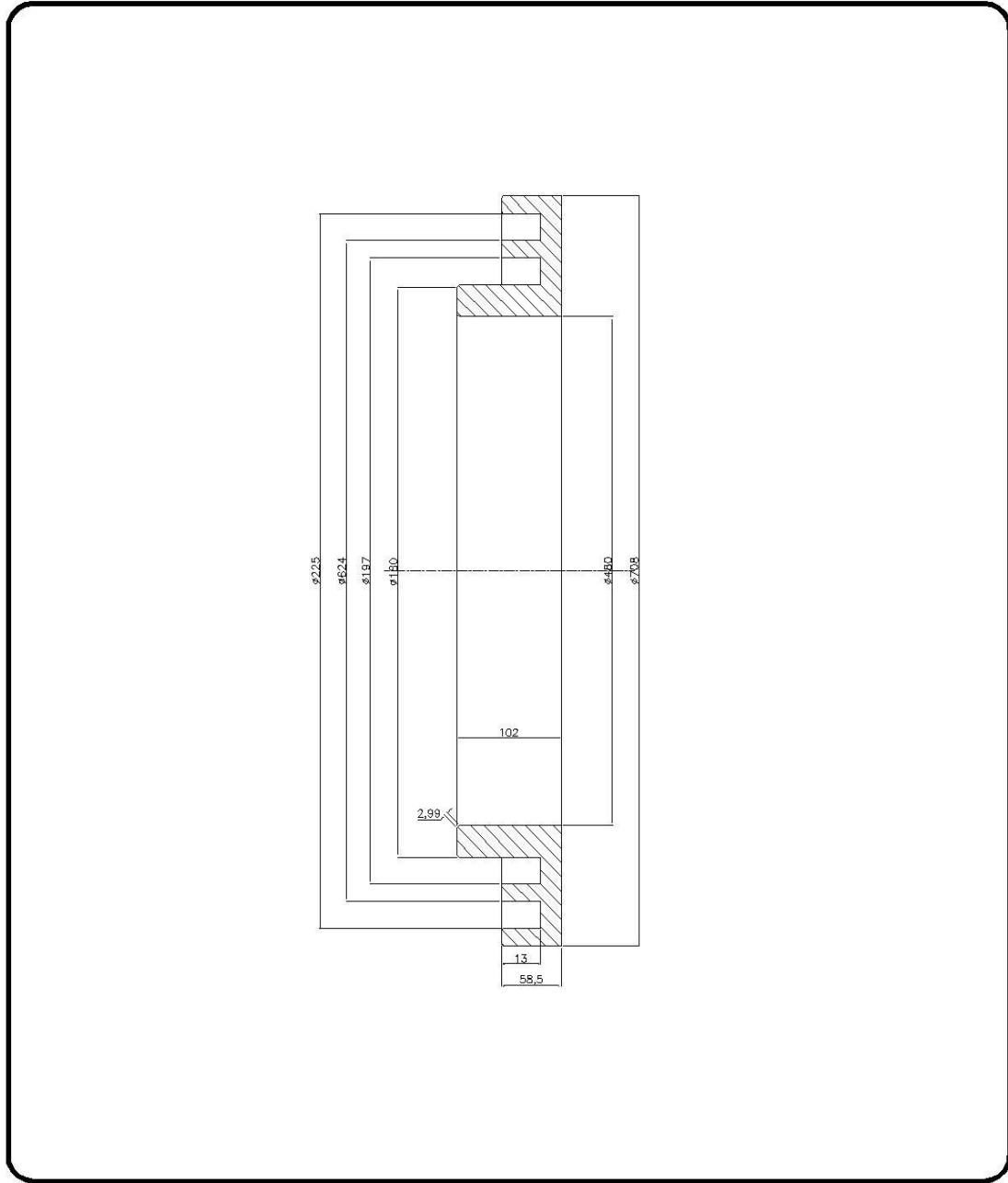
DESCRIPCIÓN: BUSHING ROSCADO RR-G1	FECHA:	NOMBRE:	MATERIAL:	ESCALA:
	DIB. 08/09/08	W.A.S.A.	1:00
	FECHA:	NOMBRE:	NO. DE PLANO:	MEDIDAS EN:
	APR. 08/09/08	ING. M.F.	IND-1071-007	mm

Anexo A-8. Tapadera chumacera RR-G1



DESCRIPCION: TAPADERAS CHUMACERAS RR-G1	FECHA:	NOMBRE:	MATERIAL:	ESCALA:
	DIB. 21/08/04	FUV	1/00
	FECHA:	NOMBRE:	NO. DE PLANO:	MEDIDAS EN:
	APR. 21/08/04	ING CR.	IND-1071-008	mm

Anexo A-9. Tapadera laberinto RR-G1

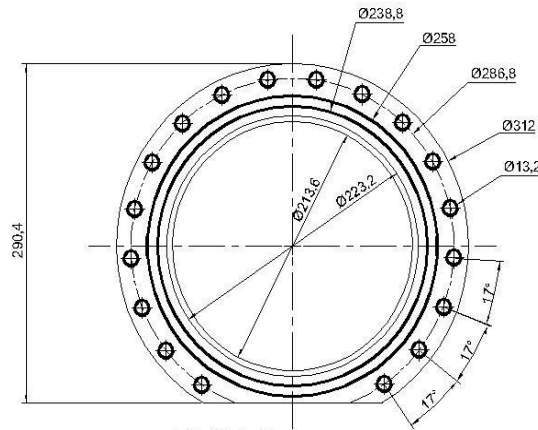


DESCRIPCION: TAPADERAS LABERINTO RR-G1	FECHA:	NOMBRE:	MATERIAL:	ESCALA:
	DIB. 08/09/08	FLV	BRONCE	1/00
	FECHA:	NOMBRE:	NO. DE PLANO:	MEDIDAS EN:
	APR. 08/09/08	ING CR.	IND-1071-009	mm

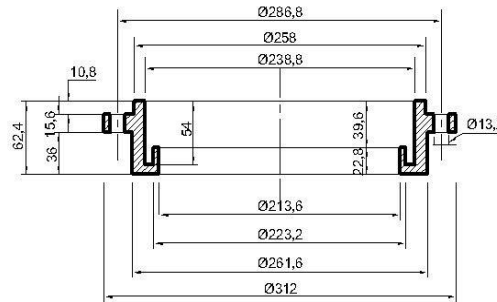
Anexo A-10. Tapadera laberinto RR-G1 2

TAPADERA LABERINTO

MEDIDAS :
EN mm



PLANTA



CORTE

DESCRIPCION: TAPADERA LABERINTO RR-G1 2	FECHA:	NOMBRE:	MATERIAL:	ESCALA:
	DIB. 08/09/08	FUV	-----	1/00
	FECHA:	NOMBRE:	NO. DE PLANO:	MEDIDAS EN:
	APR. 08/09/08	ING CR.	IND-1071-010	mm