



UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA  
"ANTONIO JOSE DE SUCRE"  
VICE RECTORADO PUERTO ORDAZ  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
PRÁCTICA PROFESIONAL

**DETERMINAR LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE LOS HORNOS DE  
INDUCCIÓN, ROMPEDORA DE CABOS, ROMPEDORA DE COLADAS Y  
MESA DE COLADA DE LA SALA DE ENVARILLADO DE ÁNODOS DE  
C.V.G VENALUM**

Autor: Karen Pereira

Ciudad Guayana, Octubre de 2007



U  
N  
E  
X  
P  
O

UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA  
"ANTONIO JOSE DE SUCRE"  
VICE RECTORADO PUERTO ORDAZ  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
PRÁCTICA PROFESIONAL

**DETERMINAR LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE LOS HORNOS DE  
INDUCCIÓN, ROMPEDORA DE CABOS, ROMPEDORA DE COLADAS Y  
MESA DE COLADA DE LA SALA DE ENVARILLADO DE ÁNODOS DE  
C.V.G VENALUM**

Autor: Karen Pereira

Trabajo presentado ante el Departamento de Ingeniería Industrial de la  
UNEXPO Vicerrectorado Puerto Ordaz como requisito de la Aprobación de la  
Práctica Profesional.

Ciudad Guayana, Octubre de 2007



U  
N  
E  
X  
P  
O

UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA  
"ANTONIO JOSE DE SUCRE"  
VICE RECTORADO PUERTO ORDAZ  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
PRÁCTICA PROFESIONAL

**DETERMINAR LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE LOS  
HORNOS DE INDUCCIÓN, ROMPEDORA DE CABOS,  
ROMPEDORA DE COLADAS Y MESA DE COLADA DE LA SALA DE  
ENVARILLADO DE ÁNODOS DE C.V.G VENALUM**

**Autor:** Karen Pereira

---

**MSc. Ing. Iván Turmero**  
Tutor académico

---

**Ing. Dido Cedeño**  
Tutor industrial

Ciudad Guayana, Octubre de 2007

**Karen Yanett Pereira Bastardo**

**DETERMINAR LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE LOS HORNOS DE INDUCCIÓN, ROMPEDORA DE CABOS, ROMPEDORA DE COLADAS Y MESA DE COLADA DE LA SALA DE ENVARILLADO DE ÁNODOS DE C.V.G VENALUM**

**Informe de Práctica Profesional.**

**Universidad Nacional Experimental Politécnica "Antonio José de Sucre".**

**Vicerrectorado Puerto Ordaz. Departamento de Ingeniería Industrial. Departamento de Entrenamiento Industrial.**

**Tutor Académico: MSc. Ing. Iván Turmero.**

**Tutor Industrial: Ing. Dido Cedeño.**

**Ciudad Guayana, Octubre 2007.**

**1. El Problema. 2. Marco Teórico 3.Marco Metodológico. 4. Situación Actual 5. Análisis de los Resultados.**

**Dedicado a:**

*A Dios.*

*A mis padres José y Ana Teresa.*

*A mis Hermanos Ana Karina y José Javier*

---

## AGRADECIMIENTOS

A **DIOS**, por estar presente en cada momento de mi vida y por darme la oportunidad de alcanzar esta meta.

A mis padres **José y Ana Teresa** por amarme, apoyarme y brindarme con mucho esfuerzo bienestar y educación.

A mis **hermanos** por su cariño, ayuda, consejos y comprensión.

A mi Prima **Erika** por ser mi segunda hermana y mi amiga, por ayudarme siempre y por todos los momentos inolvidables que pasamos juntas.

A mi tutor industrial el Ing. **Dido Cedeño**, por su interés y valiosa colaboración en la realización de este trabajo.

A mi tutor académico el Ing. **Iván Turmero**, por brindarme su apoyo y conocimientos a lo largo del desarrollo de este trabajo.

A C.V.G VENALUM por brindarme la oportunidad de realizar mi trabajo de práctica profesional en sus instalaciones.

A mis compañeros y amigos de C.V.G VENALUM, **Leonardo, Isidro, Jesús Rendón, Erick, Henry, Miguel y José Rodríguez**, por su ayuda y colaboración para la realización de mi pasantía.

A mis amigos **Kelly, Paula, Percy, Sahara, Alfonso, Joanny, Christopher, Yolanda, Luis (El gordo) y Raúl** por su paciencia, apoyo y amistad a lo largo de toda mi carrera universitaria.

A **Gabriel** por ser una persona muy importante en mi vida, la cual me brindo su apoyo, cariño, confianza y amor en los momentos más difíciles y me dio fuerza para levantarme y seguir adelante, te quiero mucho.

A **Nine, María Teresa, María Magdalena, Gabriela y Pedrito**, por brindarme su confianza, cariño y apoyo de forma incondicionalmente cuando más lo necesitaba. Siempre serán parte importantes en mi vida, los quiero mucho.

A todos los que de una u otra manera me ayudaron y colaboraron con la realización de este trabajo.

¡Gracias a todos!

<b>DEDICATORIA</b>	ii
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	iii
<b>RESUMEN</b>	v
<b>INTRODUCCIÓN</b>	vi
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	3
1.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	3
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.3 ALCANCE	5
1.4 LIMITACIONES	5
1.5 JUSTIFICACIÓN	6
1.6 OBJETIVOS	6
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b>	8
2.1 RESEÑA HISTÓRICA DE LA EMPRESA	8
2.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA	10
2.1.2 ESPACIO FÍSICO	10
2.1.3 DIVISIONES DE LA EMPRESA	11
2.1.4 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA GENERAL	11
2.1.5 PROCESO PRODUCTIVO.	11
2.1.6 GERENCIA DE CONTROL DE CALIDAD Y PROCESOS.	14
2.1.6.1 SUPERINTENDENCIA PROCESO Y CERTIFICACIÓN CALIDAD DE CARBÓN Y CÁTODO.	14
2.1.6.1.1 SALA DE ENVARILLADO DE ÁNODOS	15
2.2 BASES TEÓRICAS.	17
2.2.1 MEDICIÓN DEL TRABAJO.	17
2.2.1.1 PROCEDIMIENTO BÁSICO PARA LA MEDICIÓN DEL TRABAJO.	17
2.2.1.2 REGISTRO DE LA INFORMACIÓN	18
2.2.1.3 ELEMENTOS GENERALES	18
2.2.2 ESTUDIO E TIEMPOS	19
2.2.2 TÉCNICAS MÁS UTILIZADAS EN LA MEDICIÓN DEL TRABAJO.	19
2.2.2.1 MUESTREO DEL TRABAJO	19
2.2.2.2.1 ETAPAS DEL ESTUDIO DE TIEMPOS	20
2.2.2.2.1.1 TIEMPO ESTÁNDAR	20
2.2.3 CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN O SERVICIO	29
2.2.4 TIEMPO DISPONIBLE DE LAS OPERACIONES	30
2.2.5 DIAGRAMA CAUSA-EFECTO	30
2.2.6 DIAGRAMA DE PARETO	31
2.3 TÉRMINOS BÁSICOS.	32

<b>CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO</b>	35
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	35
3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	36
3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA	36
3.3.1 POBLACIÓN	36
3.3.2 MUESTRA	37
3.4 TÉCNICA Y/O INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	37
3.4.1 OBSERVACIÓN DIRECTA	37
3.4.2 ENTREVISTAS NO ESTRUCTURADAS	38
3.4.3 REVISIÓN DOCUMENTAL	38
3.4.4 HERRAMIENTAS O INSTRUMENTOS	38
3.4.3 REVISIÓN DOCUMENTAL	39
<b>CAPÍTULO IV: DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL</b>	43
<b>CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</b>	50
5.1 DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS QUE CONFORMAN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA SALA DE ENVARILLADO DE ÁNODOS.	50
5.2 BREVE DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS PRINCIPALES EQUIPOS DE LA SALA DE ENVARILLADO DE ÁNODOS.	52
5.3 FALLAS MÁS COMUNES EN LOS PRINCIPALES EQUIPOS DE LA SALA DE ENVARILLADO DE ÁNODOS.	59
5.3.1 FALLAS GENERALES Y ESPECÍFICAS DE LOS PRINCIPALES EQUIPOS DE LA SALA DE ENVARILLADO DE ÁNODOS	59
5.3.1.1 LÍNEA I	59
5.3.1.2 LÍNEA II	62
5.4 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE LOS PRINCIPALES EQUIPOS DE LA SALA DE ENVARILLADO DE ÁNODOS.	70
5.4.1 LÍNEA I	71
5.4.2 LÍNEA II	72
5.5 COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD REAL DE LOS EQUIPOS PRINCIPALES DE LA SALA DE ENVARILLADO DE ÁNODOS CON LA CAPACIDAD TEÓRICA DE LOS MISMOS.	74
<b>CONCLUSIONES</b>	76
<b>RECOMENDACIONES</b>	77
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	78
<b>ANEXOS</b>	79

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Áreas de C.V.G VENTALUM	11
Tabla 2: Fallas Generales y Específicas de la Rompe Cabos 1 de Línea I	59
Tabla 3: Frecuencia de Fallas de la Rompedora de Cabos de Línea I	60
Tabla 5: Frecuencia de Fallas de la Mesa de Colada de Línea I.	61
Tabla 4: Fallas Generales y Específicas de la Mesa de Colada de Línea I.	61
Tabla 6: Fallas Generales y Específicas de la Rompe Cabos 1 de Línea II.	62
Tabla 7: Frecuencia de Fallas de la Rompe Cabos 1 de Línea II.	62
Tabla 8: Fallas Generales y Específicas de la Rompe Cabos 2 de Línea II.	63
Tabla 9: Frecuencia de Fallas de la Rompe Cabos 2 de Línea II.	64
Tabla 11: Frecuencia de Fallas de la Rompe Colada de Línea II.	65
Tabla 10: Fallas Generales y Específicas de la Rompe Colada de Línea II.	65
Tabla 13: Frecuencia de Fallas de la Mesa de Colada 1 de Línea II.	66
Tabla 12: Fallas Generales y Específicas de la Mesa de Colada 1 de Línea II.	66
Tabla 14: Fallas Generales y Específicas de la Mesa de Colada 2 de Línea II.	67
Tabla 15: Frecuencia de Fallas de la Mesa de Colada 2 de Línea II.	68
Tabla 16: Frecuencia de Fallas de los Hornos de Inducción.	68
Tabla 17. Capacidad de Producción Teórica Vs Capacidad Real de Línea I	75
Tabla 18. Capacidad de Producción Teórica Vs Capacidad Real de Línea II.	75
Tabla 19. Capacidad de Producción de los Hornos de Inducción.	75
Tabla 20. Factor de Calificación de la Velocidad de la Rompedora de Cabos 1 de Línea I	97
Tabla 21. Factor de Calificación de la Velocidad de la Rompedora de Coladas de Línea I	98
Tabla 22. Factor de Calificación de la Velocidad de la Mesa de Colada de Línea I	99
Tabla 23. Factor de Calificación de la Velocidad de la Rompedora de Cabos 1 de Línea II	100
Tabla 24. Factor de Calificación de la Velocidad de la Rompedora de Cabos 2 de Línea II	101
Tabla 25. Factor de Calificación de la Velocidad de la Mesa de Colada 1 de Línea II	102
Tabla 26. Factor de Calificación de la Velocidad de la Mesa de Colada 2 de Línea II.	103
Tabla 27. Factor de Calificación de la Velocidad de la Rompedora de Coladas de Línea II	104

---

Tabla 28. Factor de Calificación de la Velocidad de la Rompedora de Cabos 1 de Línea I	105
Tabla 29. Factor de Calificación de la Velocidad de la Rompedora de Colada de Línea I	107
Tabla 30. Factor de Calificación de la Velocidad de la Mesa de Colada de Línea I	109
Tabla 31. Factor de Calificación de la Velocidad de la Rompedora de Cabos 1 de Línea II	111
Tabla 32. Factor de Calificación de la Velocidad de la Rompedora de Cabos 2 de Línea II	113
Tabla 33. Factor de Calificación de la Velocidad de la Mesa de Colada 1 de Línea II	115
Tabla 34. Factor de Calificación de la Velocidad de la Mesa de Colada 2 de Línea II	117
Tabla 35. Factor de Calificación de la Velocidad de la Rompedora de Colada de Línea II	119
Tabla 36. Factor de Calificación de la Velocidad de la Rompedora del Horno de Inducción 1.	121
Tabla 37. Factor de Calificación de la Velocidad de la Rompedora del Horno de Inducción 2.	123
Tabla 38. Factor de Calificación de la Velocidad de la Rompedora del Horno de Inducción 3.	125

---

---

---

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fuente: Manual de Inducción de CVG VENALUM	10
Figura 2. Vista de la Planta de Carbón	12
Figura 3. Celdas Electrolíticas	13
Figura 4. Planta de Colada	14
Figura 5. Clasificación de las Tolerancias.	26
Figura 6. Suplementos por fatiga.	27
Figura 7. Cabos en la Estación de Carga y Descarga de Línea II	52
Figura 8. Vista Frontal de la Rompe Cabos 2 de Línea II.	53
Figura 9. Vista Lateral Derecha de la Rompe Cabos 2 de Línea II	53
Figura 10. Rompe Colada de Línea II	54
Figura 11. Varilla con Guardacabos o Restos de Fundición	55
Figura 12. Rompe Colada Manual línea II.	55
Figura 13. Carga del Horno de Inducción 3.	56
Figura 14. Horno de Inducción 2 Cargado con Arrabio.	57
Figura 15. Proceso de Fundición del Horno de Inducción 1.	57
Figura 16. Vaciado o Descarga del Horno de Inducción 3.	57
Figura 17. Mesa de Colada 1 de Línea II.	58

---

---

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfica 1. Movimiento de Inventario de Ánodos Envarillado y cantidad de ánodos ensamblados.	45
Gráfica 2. Fallas en los Hornos de Inducción	46
Gráfica 3. Fallas en la Rompedora de Cabos.	46
Gráfica 4. Fallas en las Mesas de Colada.	47
Gráfica 5. Cantidad de Varillas Incorporadas y Desincorporadas.	48
Gráfica 6. Cantidad de Cabos recibidos en Envarillado.	49
Gráfica 7: Diagrama de Pareto de la Rompedora de Cabos 1 de Línea I.	60
Gráfica 8: Diagrama de Pareto de la Mesa de Colada de Línea I.	61
Gráfica 9: Diagrama de Pareto de la Rompe Cabos 1 de Línea II.	63
Gráfica 10: Diagrama de Pareto de la Rompe Cabos 2 de Línea II.	64
Gráfica 11: Diagrama de Pareto de la Rompe Colada de Línea II.	65
Gráfica 12: Diagrama de Pareto de la Mesa de Colada 1 de Línea II.	66
Gráfica 13: Diagrama de Pareto de la Mesa de Colada 2 de Línea II.	68
Gráfica 14: Diagrama de Pareto de los Hornos de Inducción.	69

---

---



UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL  
POLITÉCNICA  
“ANTONIO JOSE DE SUCRE”  
VICE RECTORADO PUERTO ORDAZ  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**DETERMINAR LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE LOS HORNOS  
DE INDUCCIÓN, ROMPEDORA DE CABOS, ROMPEDORA DE  
COLADAS Y MESA DE COLADA DE LA SALA DE ENVARILLADO DE  
ÁNODOS DE C.V.G VENALUM**

Autor: Karen Pereira  
Tutor Académico: Turmero, Iván.  
Tutor Industrial: Cedeño, Dido  
Año: 2007

RESUMEN

Esta evaluación se realizó en la empresa C.V.G VENALUM, específicamente en la Sala de Envarillado de Ánodos, con el objetivo de determinar la capacidad de producción de los principales equipos que inciden en la producción de esta área, dentro de los cuales se encuentran: los Hornos de Inducción, Máquina Rompedora de Coladas, Máquina Rompedora de Cabos y la Mesa de Colada; con el propósito de establecer mejoras que permitan aumentar la productividad de sala de envarillado de ánodos de C,V,G. VENALUM. La investigación fue realizada aplicando un diseño de campo-documental. Para ello fue necesario: la observación directa y la toma de tiempos en cada uno de los equipos al realizar su operación, además de la revisión de los estándares y prácticas de trabajo del área. Se planteó como objetivo general: Determinar La Capacidad de Producción de los Hornos de Inducción, Rompedora de Cabos, Rompedora de Coladas y Mesa de Colada De La Sala De Envarillado De Ánodos De C.V.G VENALUM. Los resultados obtenidos indican que las principales fallas que inciden en los equipos en estudio son las fallas hidráulicas y mecánicas, las cuales generan demoras dentro del proceso y paradas de producción, de igual forma se determinó que hay equipos que tienen mayor capacidad de producción que otros, trayendo como consecuencias que la producción de la Sala de Envarillado de Ánodos disminuya.

**PALABRAS CALVES:** Ánodos, Cabos, Guardacabos, Varillas, fundición gris, Hornos de Inducción, Rompedora de Cabos, Rompedora de Coladas, Mesas de Colada, Capacidad de Producción.

## INTRODUCCIÓN

La Industria Venezolana del Aluminio, C.V.G VENTALUM es una planta productora de aluminio, la cual tiene como objetivo producir y comercializar aluminio primario, por medio de un proceso de reducción electrolítica (Proceso Hall-Heroult).

Dentro del proceso de producción de la planta industrial, existen diversas áreas que desempeñan un papel fundamental en el funcionamiento de la misma; dentro de estas áreas se encuentra Planta Carbón, cuyo objetivo principal es fabricar los ánodos que hacen posible el proceso electrolítico; esta a su vez cuenta con tres áreas, dentro de la cual se puede mencionar la Sala de Envarillado de Ánodos de C.V.G VENTALUM perteneciente a la Gerencia de Carbón; el proceso en la misma consiste en la unión de una varilla anódica (Barra de aluminio aleación 6063 homogeneizada, bimetálico Aluminio-Acero y yugo de acero ASTM A105 forjado y normalizado) y un bloque de carbón cocido, los cuales sirven como electrodos positivos en el circuito electrolítico de celdas para obtener aluminio primario.

La producción de ánodos envarillados es de vital importancia para el proceso de reducción electrolítica para la obtención de aluminio primario, ya que sin la existencia de los ánodos no se completaría el proceso de reducción. Actualmente la producción de ánodos envarillados ha disminuido considerablemente, es por ello que surge la necesidad de determinar la capacidad de producción de los principales equipos que componen esta área, dentro de los cuales se encuentran: los Hornos de Inducción, Máquina Rompedora de Coladas, Máquina Rompedora de Cabos y la Mesa de Colada.

Esta investigación es vital importancia para la empresa, debido a que le permitirá evaluar como están operando los equipos y de esta forma establecer mejoras que permitan aumentar la productividad de sala de envarillado de ánodos de C,V,G. **VENALUM**.

La metodología empleada para esta investigación es del tipo descriptiva-explicativa, ya que permitirá analizar el funcionamiento de los principales equipos que inciden directamente en la producción de la sala de envarillado de ánodos, así como también relacionar las variables implícitas dentro del proceso que son factores limitantes de la producción; esto se hizo, por medio de la aplicación de un diseño de investigación de Campo-no experimental, ya que los datos fueron recogidos directamente del área de trabajo en la interacción Hombre-Máquina y de las prácticas de trabajo, prácticas operativas y planes de gestión de mantenimiento de C.V.G **VENALUM**.

Para cumplir con el objetivo planteado, el presente trabajo se estructuró en cinco capítulos: En el capítulo I: se expone el problema y el objetivo de la investigación. En el Capítulo II: se detallan los aspectos referidos a la empresa, bases teóricas y términos básicos. En el Capítulo III: se presenta el diseño metodológico que fue seguido para realizar el estudio. En el capítulo IV: se describe la situación actual. En el Capítulo V: se exponen y analizan los resultados; y finalmente, se presentan las conclusiones, recomendaciones, y referencias bibliográficas.

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### **1.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA**

En la Industria Venezolana del Aluminio C.V.G VENALUM para llevar a cabo su proceso productivo utiliza ánodos envarillados como electrodos positivos en el circuito electrolítico de celdas, los cuales están compuestos principalmente por: Una varilla anódica (Barra de aluminio aleación 6063 homogeneizada, bimetálico Aluminio-Acero y yugo de acero ASTM A105 forjado y normalizado) y un bloque de carbón cocido, y son posteriormente ensamblados mediante el uso de una fundición gris.

Al principio del año 2007 se ha evidenciado una disminución de la producción de la sala de envarillado de ánodos de C.V.G VENALUM, debido a la baja eficiencia de trabajo de los equipos principales que componen esta área, dentro de los cuales se encuentran: los Hornos de Inducción, Máquina Rompedora de Coladas, Máquina Rompedora de Cabos y la Mesa de Colada; ya que los mismos presentan fallas constantemente y a su vez hay equipos que tienen mayor capacidad de producción.

El flujo normal del proceso también se ve afectado directamente por los daños ocasionados a las varillas, así como también por la disponibilidad o existencia de carritos porta varillas, carretas y baskets; estos daños traen como consecuencia demoras dentro del proceso y la disminución de la capacidad de producción de la sala de envarillado de ánodos.

---

## 1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En la Industria Venezolana del Aluminio, CVG VENALUM, dedicada a la producción de aluminio primario se encuentra la sala de envarillado de ánodos perteneciente a la gerencia de carbón, el proceso en la misma consiste en ensamblar las varillas procedentes de los cabos y las varillas incorporadas (procedentes del taller de varillas) con los ánodos cocidos mediante el uso de una fundición gris producida en 3 hornos de inducción, una vez que los ánodos estén envarillados son llevados a las máquinas rociadoras donde se le aplica un revestimiento de aluminio líquido para luego ser enviados a las celdas de reducción electrolítica.

Para lograr esto se requiere de una serie de equipos acoplados en una línea de producción, en la cual cada equipo cumple una función importante y determinada. En la sala de envarillado existen dos líneas de producción, línea I y línea II, línea I cuenta con 1 mesa de colada en la cual las operaciones son manuales, línea II cuenta con 2 mesas de colada, mesa 1 y mesa 2 donde se realizan las operaciones desde cabinas.

Los equipos que inciden directamente en la producción de la sala de envarillado de ánodos y que son un factor limitante de la misma, son los siguientes: **Hornos de Inducción** en los cuales se prepara la fundición gris que es necesaria para realizar la unión de la varilla con el ánodo; **Máquina Rompedora de Coladas** tiene como función desprender la colada de los yugos, esta operación también se hace de forma manual; **Máquina Rompedora de Cabos** es usada para desprender la parte carbonosa; y por último se encuentra la **Mesa de Colada** en ella se ensambla la varilla anódica con el ánodo cocido mediante el vaciado de fundición gris.

Actualmente estos equipos se encuentran trabajando con baja eficiencia, lo que trae como consecuencia la disminución de la producción en la sala de envarillado de ánodos. Aunado a esto, el proceso se ve afectado también por la disponibilidad o existencia de varillas, carritos porta varillas, carretas y baskets causando demoras al proceso.

Debido a las anomalías que se han venido presentando en el proceso y a la baja eficiencia de trabajo de los equipos en funcionamiento, se requiere realizar un estudio de tiempo que permita determinar la capacidad de producción real de los equipos; identificando y evaluando las fallas presentes en el proceso, con el fin de establecer mejoras que permitan aumentar la productividad de la sala de envarillado de ánodos de C,V,G. VENALUM.

### **1.3 ALCANCE**

En la elaboración del siguiente trabajo se pretende determinar la capacidad de producción de la sala de envarillado de ánodos, por medio de la realización de un estudio de tiempos e inspecciones a los equipos, Hornos de Inducción, Rompedora de Cabos, Rompedora de Colada y Mesa de Colada; que proporcionarán la información necesaria para la investigación. Además identificar las principales fallas que presentan los equipos en estudio.

### **1.4 LIMITACIONES**

- La documentación técnica disponible para obtener datos de estudios anteriores.
- La dispersión de la información por las diferentes gerencias de la planta.

- Inconvenientes a la hora de tomar los tiempos a los equipos o al momento de realizar las inspecciones, debido a fallas que puedan presentar los mismos o paradas por mantenimiento.
- Se realizan las mediciones solo en turno normal de lunes a viernes de 7:00am a 4:00pm.

## **1.5 JUSTIFICACIÓN**

La realización de este estudio investigativo, permite determinar la capacidad de producción real e identificar las principales fallas de los equipos que inciden directamente en la producción de la sala de envarillado de ánodos, con la finalidad de aumentar la productividad de la misma en concordancia con los planes de producción y la gestión de la calidad promovida por la empresa, en cada uno de los procesos que conforman la cadena productiva de C.V.G VENALUM.

## **1.6 OBJETIVOS**

### **➤ OBJETIVO GENERAL**

Determinar la capacidad de producción de los Hornos de Inducción, Rompedora de Cabos, Rompedora de Coladas y Mesa de colada de la Sala de Envarillado de ánodos de C.V.G VENALUM.

### **➤ OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Identificar y describir las etapas que conforman el proceso productivo de la planta de Envarillado de Ánodos de C.V.G VENALUM.
2. Describir el funcionamiento de los Hornos de Inducción, Rompedora de Cabos, Rompedora de Coladas y Mesa de colada de la Sala de Envarillado de Ánodos.

3. Identificar las fallas de los Hornos de Inducción, Rompedora de Cabos, Rompedora de Coladas y Mesa de colada del área de Envarillado, por medio de diagramas de Pareto.
4. Realizar un estudio de tiempos a los equipos que inciden directamente en la producción de la sala de envarillado de ánodos.
5. Comparar la capacidad de producción real de los equipos en estudio, con la capacidad teórica de los mismos.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### **2. 1 RESEÑA HISTÓRICA DE LA EMPRESA.**

La Industria Venezolana del Aluminio, C.A. (C.V.G. **VENALUM**), adscrita a la Corporación Venezolana de Guayana (C.V.G.), se constituyó el 29 de agosto de 1973 como empresa de capital mixto, compuesto por el 80% proveniente del consorcio Japonés y un 20 % de la corporación Venezolana de Guayana C.V.G. con el objetivo de producir aluminio primario en diversas formas para fines de exportación.

En octubre de 1974, se propuso que el capital social se invirtiera en 80 % a la C.V.G., en un 20 % para el consorcio Japonés, lo cual fue aprobado por la asamblea de accionistas.

C.V.G. **VENALUM** fue creada originalmente como una planta de aluminio de dos líneas de producción con una capacidad instalada de 150 mil TM. Tanto construcción y tecnología como el entrenamiento del personal y la asistencia técnica para el arranque de la planta, la suministraba la compañía japonesa SHOWA DENKO.

Luego al obtener una participación mayoritaria se contrata REYNOLDS INTERNATIONAL INCORPORATED para prestar asesoramiento técnico en la construcción de una planta de dos complejos, cada uno con dos líneas de producción para un total de cuatro líneas de producción de 180 celdas cada una, para un total de 720 celdas, con una capacidad de 280.000 TM.

---

La construcción de esta planta de cuatro líneas de producción se inicia en enero de 1975 y fue terminada en diciembre de 1979. En 1980 entra en funcionamiento las 720 celdas, con un promedio de producción de 1.165 kg, de aluminio por celdas por días, se alcanza el 92,50% de la capacidad de planta con una producción bruta de 222.069t de aluminio primario.

Para el año 1985, se comienza a construir el complejo III de reducción de aluminio, que lleva como nombre línea V, el cual está formado por 180 celdas electrolítica de tipo Niágara. La línea fue terminada de construir y puesta en funcionamiento en el año 1987 y entra en plena operación en 1989, con una capacidad de producción de **1.722 Kg., de aluminio por día**, incrementándose la producción en 113.000 t/año, para una capacidad de producción total de más de 430.000 t/año.

En 1991 fue puesta en marcha la primera de las cinco celdas experimentales V-350 la cual estaba diseñada para un promedio 350 A, con una producción promedia estimada de 2620 kg., de aluminio diario por celda.

En el año 2002 se logra superar la capacidad instalada de planta. En este año se alcanza un uso efectivo de la capacidad nominal de planta de 101,11%, de igual forma el mismo año se pudo mantener por varios días la totalidad de las celdas en servicio (905), también este año se alcanza la cifra histórica de producción de 8.000.000 de toneladas de aluminio primario y un récord histórico de producción 436.558 toneladas de aluminio, la mayor producción anual alcanzada hasta la fecha.

El 27 de diciembre del 2004, CVG VENALUM logró un nuevo récord al superar el registro histórico de toneladas brutas del año 2002. Por tercer año consecutivo se sobrepasó la capacidad instalada de producción de

430.130 toneladas, implantado así un nuevo registro en sus 26 años de operaciones al ubicarse la producción bruta total en 442.074 t.

La cantidad de celdas instaladas en la empresa es actualmente de 905 celdas, las cuales están distribuidas por 360 celdas ubicadas en el complejo I, 360 en el complejo II, 180 celdas en V línea y el resto son celdas V-350, de tecnología nacional que están ubicadas en V línea.

### 2.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

C.V.G. **VENALUM** esta ubicada en la zona Industrial Matanzas en Ciudad Guayana, urbe creada por decreto presidencial el 2 de Julio de 1961 mediante fusión de Puerto Ordaz y San Félix. (Ver figura 1).



Figura 1. Fuente: Manual de Inducción de CVG VENALUM

### 2.1.2. ESPACIO FÍSICO.

La empresa cuenta con un área suficiente para su infraestructura actual y para desarrollar aun más su capacidad en el futuro.

### 2.1.3. DIVISIONES DE LA EMPRESA.

En la tabla 1 se muestra la división de CVG VENALUM en áreas, abarcado una capacidad total de 1.455.634,78 m<sup>2</sup>.

**Tabla 1. Áreas de C.V.G VENALUM**

<b>AREA TOTAL</b>	<b>1.455.634,78 M2</b>
<b>Área Techada</b>	<b>233.000 m2 (Edificio Industrial)</b>
<b>Área Construida</b>	<b>14.808 m2 (Edificio Administrativo)</b>
<b>Áreas Verdes</b>	<b>40 Hectáreas</b>
<b>Carreteras</b>	<b>10 Km.</b>

Fuente: Manual de Inducción de CVG VENALUM

### 2.1.4 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA GENERAL

La estructura organizativa de C.V.G VENALUM es de tipo lineal y de asesoría, donde las líneas de autoridad y responsabilidad se encuentran bien definidas, la misma constituida por gerencias administrativas y operativas. (Ver anexo 1)

### 2.1.5. PROCESO PRODUCTIVO.

La empresa CVG VENALUM se encarga de la producción del aluminio, utilizando como materia prima la alúmina, criolita y aditivos químicos (fluoruro de calcio y fluoruro de aluminio). Este proceso de producir aluminio se realiza en las celdas electrolíticas.

Dentro del proceso de producción de la planta industrial, existen diversas áreas que desempeñan un papel fundamental en el funcionamiento de la misma, las cuales son: la Planta de Carbón, Planta de Colada, Planta de Reducción e instalaciones auxiliares. (Ver anexo 2).

## **Planta de Carbón**

En la Planta de Carbón y sus instalaciones se fabrican los ánodos que hacen posible el proceso electrolítico. En el Área de Molienda y Compactación se fabrican los bloques de ánodos verdes a partir de choque de petróleo, alquitrán y remanentes de ánodos consumidos. Los ánodos son colocados en hornos de cocción, con la finalidad de mejorar su dureza y conductividad eléctrica. Luego el ánodo es acoplado a una barra conductora de electricidad en la Sala de Envarillado (ver figura 2)

Carbón tiene tres áreas:

- Molienda y Compactación.
- Hornos de Cocción.
- Sala de Envarillado.



**Figura 2. Vista de la Planta de Carbón**

## **Reducción**

En las celdas se lleva a cabo el proceso de reducción electrolítica que hace posible la transformación de la alúmina en aluminio. El área de Reducción esta compuesta por Complejo I, II, y V Línea para un total de 900 celdas, 720 de tecnología Reynolds y 180 de tecnología Hydro Aluminiun. Adicionalmente, existen 5 celdas experimentales V-350, un

proyecto desarrollado por ingenieros venezolanos al servicio de la empresa. La capacidad nominal de estas plantas es de 430.000 t/año. El funcionamiento de las celdas electrolíticas, así como la regulación y distribución del flujo de corriente eléctrica, son supervisados por un sistema computarizado que ejerce control sobre el voltaje, la rotura de costra, la alimentación de alúmina y el estado general de las celdas. (Ver figura 3)



**Figura 3. Celdas Electrolíticas.**

### **Colada**

El aluminio líquido obtenido en las salas de celdas es trasegado y trasladado en crisoles al área de Colada, donde se elaboran los productos terminados. El aluminio se vierte en hornos de retención y se le agregan, si es requerido por los clientes, los aleantes que necesitan algunos productos.

Cada horno de retención determina la colada de una forma específica: lingotes de 10 Kg. con capacidad nominal de 20.100 t/año., lingotes de 22Kg. con capacidad de 250.000 t/año, lingotes de 680Kg. con capacidad de 100.000 t/año, cilindros con capacidad para 85.000 t/año. y metal

líquido. Concluido este proceso el aluminio esta listo para la venta a los mercados nacionales e internacionales. (Ver figura 4)



**Figura 4. Planta de Colada**

#### **2.1.6. GERENCIA DE CONTROL DE CALIDAD Y PROCESOS.**

La Gerencia de Control de Calidad y Procesos, es una unidad funcional de servicios a las áreas de producción, Logística y Comercialización y adscrita a la Gerencia General de Planta. Su Misión es generar condiciones tecnológicas y los requisitos del Sistema de Gestión de la calidad para el mejoramiento continuo de los procesos y proporcionar productos que cumplan con las especificaciones exigidas, a fin de facilitar de las metas de producción en calidad, cantidad oportunidad y bajo costo, en concordancia con los objetivos de la Empresa y la satisfacción del cliente. (Ver anexo 3).

##### **2.1.6.1. SUPERINTENDENCIA PROCESO Y CERTIFICACIÓN CALIDAD DE CARBÓN Y CÁTODO.**

La Superintendencia de Procesos y Certificación de la Calidad de Carbón y Cátodo se encarga de asegurar el mantenimiento, actualización y optimización de los procesos productivos y de los servicios que intervienen en la fabricación de los ánodos y celdas revestidas, dentro de

los parámetros establecidos a fin de dar cumplimiento a los requisitos de calidad para el proceso productivo de reducción. Las áreas que están a cargo de esta superintendencia son las siguientes:

- Molienda y Compactación.
- Hornos de Cocción.
- Sala de Envarillado.
- Planta de Cátodos.

### 2.1.6.2 SALA DE ENVARILLADO DE ÁNODOS

En esta área se realiza la unión de las varillas conductoras a los ánodos cocidos de carbón, utilizados en las celdas para el proceso de reducción electrolítica del aluminio, esta unión es realizada mediante una fundición gris.

El proceso de envarillado consta de los siguientes pasos:

- *Estación de Carga y Descarga:* Es donde se reciben los cabos limpios provenientes del área de reducción y descargan los ánodos ensamblados para ser utilizados en las celdas electrolíticas.
- *Estación Rompedora de Cabos:* Es donde se desprende la varilla del cabo, el cabo es transportado a molienda y compactación para ser reutilizado como materia prima en el proceso productivo de ánodos verdes y la varilla a la estación rompe colada.
- *Estación Rompe Colada:* Es donde se separan los restos de fundición gris que quedan adheridos a la varilla, estos restos se les llama guardacabos y son reutilizados en los hornos de inducción para preparar nuevamente fundición gris y las varillas son llevadas a la estación de selección de varillas anódicas.

- *Selección de Varillas Anódicas:* Es donde se seleccionan las varillas y se desincorporan las varillas defectuosas, así como también se incorporan varillas nuevas al sistema. Además se enderezan las varillas dobladas, esto se hace en línea 2.
- *Estación Grafitadora:* Es donde las puntas de yugo de las varillas se sumergen en la solución de grafito, a fin de facilitar el desmolde de la fundición gris y mejorar la conductividad eléctrica.
- *Calentador de Puntas de Yugos:* En esta sección se precalientan las puntas de los yugos con mecheros a gas; con el fin de eliminar la humedad y los choques térmicos al entrar en contacto la fundición gris con el anillo formado entre el ánodo cocido y la varilla.
- *Precalentador de Orificios de Ánodos:* Es donde se precalientan los 3 orificios que poseen los ánodos, con la finalidad de eliminar la humedad en dichos orificios y así evitar posibles choques térmicos al momento de vaciar la fundición gris.
- *Sistema de mesa de Colada:* Es donde se ensambla la varilla con el ánodo mediante una fundición gris.
- *Estación de Rociado:* Es donde se le aplica una capa de aluminio líquido de aproximadamente 3 mm de espesor a una temperatura de 800°C a los ánodos envarillados para disminuir el efecto de la combustión espontánea del carbón durante el proceso de reducción del aluminio con el consecuente ahorro en el consumo de carbón.

- *Almacén de Ánodos Envarillados:* En esta área se encuentran los ánodos envarillados listos para ser transportados a las celdas electrolíticas.

## **2.2. BASES TEÓRICAS.**

### **2.2.1 MEDICIÓN DEL TRABAJO.**

La medición del trabajo es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado o una máquina, en llevar a cabo una tarea definida efectuándola según una norma de ejecución preestablecida. Se utiliza también para establecer tiempos tipo para la realización de un trabajo.

#### **2.2.1.1 PROCEDIMIENTO BÁSICO PARA LA MEDICIÓN DEL TRABAJO.**

- Selección del trabajo que se va a estudiar.
- Registro de todos los datos, los métodos y los elementos de trabajo pertinentes.
- Examen de los datos registrados y preparación de una clasificación detallada para asegurarse de que se están utilizando los métodos y movimientos más eficaces, separación de los elementos improductivos de los productivos.
- Medición de la cantidad de trabajo que corresponde a cada elemento en tiempo.
- Compilación o cálculo del tiempo tipo o normal de operación.
- Definición exacta de la serie de actividades y los métodos de funcionamiento con respecto a los cuales se ha compilado el tiempo y se ha calculado el tiempo normal para las actividades y los métodos especificados.

### 2.2.1.2 REGISTRO DE LA INFORMACIÓN

- Estudio a realizar.
- Producto/servicio.
- Proceso, método, instalación, equipo.
- Operario.
- Duración del estudio.
- Condiciones físicas de trabajo.
- Ejecución del estudio.

### 2.2.1.3 ELEMENTOS GENERALES

- **Selección del operario:** Es el primer paso a realizarse. Debe ser un operario promedio consistente y sistemático con un ritmo de trabajo promedio normal, que permita aplicar adecuadamente el factor de la actuación. Debe estar entrenado, familiarizado con el método de trabajo.
- **Análisis del trabajo:** Consiste en realizar análisis y registros suficientes para poder comenzar el estudio de tiempos. Analizar a través de croquis o diagramas los recorridos, la secuencia de los movimientos, la ubicación de los materiales y los diagramas en general. Determinar los elementos básicos, los movimientos fundamentales, tipo de material a usar y analizar el método, para verificar que no existen deficiencias, antes de realizar el cronometraje.
- **Descomposición del trabajo en elementos:** Consiste en subdividir el ciclo de trabajo en fases de actividad moderadamente cortas.
- **Registro de los valores elementales trascurrido:** Consiste en identificar la operación, el operario y el producto estudiados. Debe anotarse toda la información relacionada con las máquinas, herramientas de mano, dispositivos, materiales, operaciones ejecutadas, información del operario,

departamento.

- Calificación de la actuación del operario (subjetivo).
- Asignación de los márgenes apropiados (tolerancias).
- Ejecución del estudio.

## **2.2.2 TÉCNICAS MÁS UTILIZADAS EN LA MEDICIÓN DEL TRABAJO.**

### **2.2.2.1 MUESTREO DEL TRABAJO**

Es una técnica para determinar el porcentaje de aparición de una actividad determinada o una estimación del tiempo que se dedica al desempeño de ésta, basándose en los resultados de una serie de observaciones, de corta duración y al azar, que se llevan a cabo durante cierto periodo. Las observaciones, además de ser realizadas en momentos escogidos al azar, deben ser muchas para aumentar el nivel de seguridad de resultados de la encuesta.

### **2.2.2.2 ESTUDIO E TIEMPOS**

Es una técnica que permite determinar el tiempo de realización de una actividad en condiciones normales de trabajo para un operario promedio y con un ritmo fácil o una velocidad normal, para disminuir o retardar la fatiga, considerando los retrasos personales e inevitables (atribuidos al proceso).

Realizar el estudio de tiempos requiere el siguiente material básico:

- Un cronómetro.
- Un tablero de observaciones.
- Formularios de estudios de tiempo.
- Calculadora e instrumentos de medir, según el trabajo a estudiar.

## 2.2.2.2.1 ETAPAS DEL ESTUDIO DE TIEMPOS

**2.2.2.2.1.1 TIEMPO ESTÁNDAR:** Es una función de la cantidad de tiempo necesario para desarrollar una unidad de trabajo, usando un método o equipos dados, bajo ciertas condiciones de trabajo, ejecutado por un obrero que posea una cantidad de habilidad específica y una aptitud promedio para el trabajo. Es el tiempo requerido para que el operario de tipo medio, plenamente calificado y adiestrado, trabajando a un ritmo normal, lleve a cabo la operación. Se determina sumando el tiempo asignado a todos los elementos comprendidos en estándares de tiempo.

$$TE = TN + \sum \text{TOLERANCIAS}$$

El tiempo estándar tiene los siguientes propósitos:

- Base para el pago de incentivos.
- Denominador común para la comparación de diversos métodos.
- Medio para asegurar una distribución de espacio disponible.
- Medio para determinar la capacidad de la planta.
- Base para la compra de equipos nuevos.
- Base para equilibrar la fuerza laboral con el trabajo disponible.
- Mejoramiento del control de la producción.
- Control exacto y determinación del costo de la mano de obra.
- Base para primas y bonificaciones.
- Base para el control presupuestal.
- Cumplimientos de las normas de calidad.
- Simplificaciones de los problemas de dirección de la empresa.

Una vez elegido el trabajo que se va a analizar, el estudio de tiempos suele constar de las etapas siguientes:

- a. **Obtener y registrar la información:** obtener y registrar toda la información posible acerca de la tarea, del operario y de las condiciones que puedan influir en la ejecución del trabajo.
  
- b. **Comprobar el método:** antes de emprender el estudio es importante comprobar el método empleado por el operario. Se debe realizar una descripción completa del método utilizado y luego comparado con lo que se especifica en la hoja de instrucciones, para verificar si se están utilizando los mejores métodos y movimientos.
  
- c. **Descomponer la operación en elementos:** después de comprobar que el método que se utiliza es adecuado o el mejor en las circunstancias existentes, se debe descomponer la operación en elementos. Se debe tomar en cuenta que el ciclo de trabajo empieza al comienzo del primer elemento de la operación o actividad y continúa hasta el mismo punto en una repetición de la operación o actividad.
  
- d. **Determinar el tamaño de la muestra:** se trata de determinar el número de observaciones que deben efectuarse para cada elemento, dado un nivel de confianza y un margen de exactitud predeterminados. Es importante que las observaciones se hagan durante cierto número de ciclos, a fin de tener la seguridad de que podrán observarse varias veces los elementos causales.

Los métodos estadísticos pueden servir de guía para determinar el número de ciclos a estudiar. Se sabe que los promedios de las muestras ( $\bar{X}$ ) tomados de una distribución normal de observaciones, están normalmente distribuidos con respecto a la media de la población ( $\mu$ ).

- Determinar el nivel de confianza (c)
- Determinar los intervalos de confianza (I)

$$I = \bar{X} \pm \frac{tc * S}{\sqrt{n}}$$

- Calcular la Desviación estándar

$$S = \sqrt{\frac{\sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{n}}{n-1}}$$

- Calcular el intervalo de la muestra (Im)

$$Im = \frac{2 * tc * S}{\sqrt{n}}$$

- Criterios de decisión

- Si  $Im \leq I$ , aceptar
- Si  $Im > I$ , rechazar

- Nuevo tamaño de la muestra (N')

$$N' = \frac{4 * tc^2 * S^2}{I^2}$$

- Contabilizar las lecturas adicionales

$$N = N' - n$$

- 
- e. **Realizar cierto número de observaciones basadas en un método estadístico:** las observaciones a realizarse deben estar basadas en un método estadístico que permita determinar la validez del estudio.
- f. **Medir el tiempo de cada elemento:** utilizar un instrumento apropiado, generalmente un cronómetro, y registrar el tiempo invertido por el operario o la máquina en llevar a cabo cada elemento de la operación. Existen dos procedimientos principales para tornar el tiempo con cronómetro:
- **Cronometraje acumulativo:** el reloj funciona de forma ininterrumpido durante todo el estudio; se pone en marcha al principio del primer elemento y no se lo detiene hasta acabar el estudio. Al final de cada elemento se apunta la hora que marca el cronómetro, y los tiempos de cada elemento se obtienen haciendo las respectivas restas después de terminar el estudio. Con este procedimiento se tiene la seguridad de registrar todo el tiempo en que el trabajo está sometido a observación. Sus ventajas son, que los elementos regulares y extraños se siguen etapa por etapa, y hay mayor exactitud. Sus desventajas es que existen restas sucesivas que prolongan el estudio.
  - **Cronometraje con vuelta a cero:** los tiempos se toman directamente; al acabar cada elemento se hace volver el segundero a cero y se pone de nuevo en marcha inmediatamente para cronometrar el elemento siguiente. Entre sus ventajas se cuenta que, se obtienen directamente el tiempo de cada elemento, y comprueba la estabilidad del operario. En sus desventajas se cuenta con que existe pérdida de tiempo por la reacción mental.
-

Entre los tipos de elementos que se pudieran encontrar en la medición de tiempo se tienen: repetitivos, casuales, constantes, variables, manuales, mecánicos, extraños, y dominantes.

**g. Determinar la velocidad de trabajo efectiva del operario (Cv):**

se debe disponer de algún medio para evaluar el ritmo de trabajo del operario en estudio y situarlo con relación al ritmo normal. De esta manera se tiene que valorar el ritmo de trabajo; es justipreciarlo no por correlación con la idea que se tiene de que es el ritmo tipo. La valoración tiene como fin determinar, a partir del tiempo que invierte realmente el operario observado, cuál es el tiempo tipo que el trabajador calificado medio puede mantener, por consiguiente lo que debe determinar el analista es la velocidad con que el operario ejecuta el trabajo en relación con su propia idea de velocidad normal. La calificación se realiza durante la observación de los tiempos elementales, el analista debe evaluar la velocidad, la destreza, la carencia de falsos movimientos, el ritmo, etc. la coordinación y efectividad deben ajustarse a los resultados o a la actuación normal.

La calificación son los procedimientos que se utilizan para ajustar los valores de tiempos observados en forma tal que corresponda con los tiempos requeridos para que el operario normal, ejecute una tarea.

**g.1 Métodos para la determinación de la calificación de la velocidad:**

**g.1.1 Westinghouse (más utilizado):** consiste en evaluar de manera visual y objetiva como es la actitud y aptitud del operario en la realización de sus actividades mediante cuatro factores, descritos a continuación determinando así la categoría, la clase y la puntuación respectiva, el valor total corresponderá a la suma algebraica de dichos

factores. (Ver Anexo 4)

- **Habilidad:** pericia en seguir un método, se determina por su experiencia y sus aptitudes inherentes como coordinación natural y ritmo de trabajo, aumenta con el tiempo.
- **Esfuerzo:** demostración de la voluntad para trabajar con eficiencia, rapidez con la que se aplica la habilidad, está bajo control del operario.
- **Condiciones:** aquellas que afectan al operario, los elementos incluidos en este aspecto son: ruido, temperatura, ventilación e iluminación.
- **Consistencia:** se evalúa mientras se realiza un estudio, al final, los valores elementales que se repiten constantemente tendrán una consistencia perfecta.

La evaluación de todos estos factores tiene dos componentes, uno cualitativo y otro cuantitativo.

**h. Convertir los tiempos observados en tiempo normal:** el tiempo normal es el requerido por un operario normal para realizar la operación cuando trabaja con una velocidad estándar, sin ninguna demora por razones personales o circunstancias inevitables:

$$TN = TPS * Cv$$

Donde:

TPS: tiempo promedio seleccionado

Cv: calificación de velocidad del operario

$$TPS = \frac{\sum T}{n}$$

- i. **Determinar los suplementos que se añadirán al tiempo básico de la operación (tolerancias):** la determinación de los suplementos quizás es la parte del estudio del trabajo más sujeta a controversia, debido a que es sumamente difícil calcular con precisión los suplementos requeridos para determinada tarea, por lo que se debe procurar evaluar de manera objetiva los suplementos que pueden aplicarse uniformemente a los diversos elementos de trabajo o a las diversas operaciones. (Ver Anexo 5 y 6)

De acuerdo al modelo básico para el cálculo de los suplementos se tiene que los suplementos por descanso (destinados a reponerse de la fatiga) son la única parte esencial del tiempo que se añade al tiempo básico. Los demás suplementos, como por contingencias, por razones de política de la empresa y especiales, solamente se aplican bajo ciertas condiciones. (Ver figura 5)

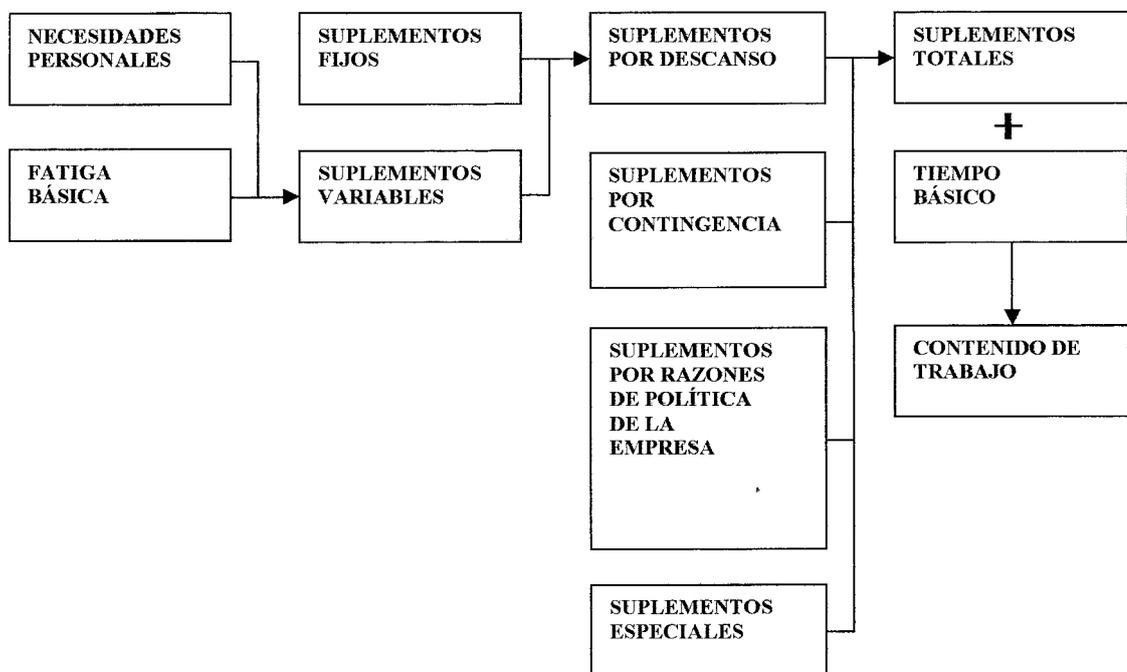
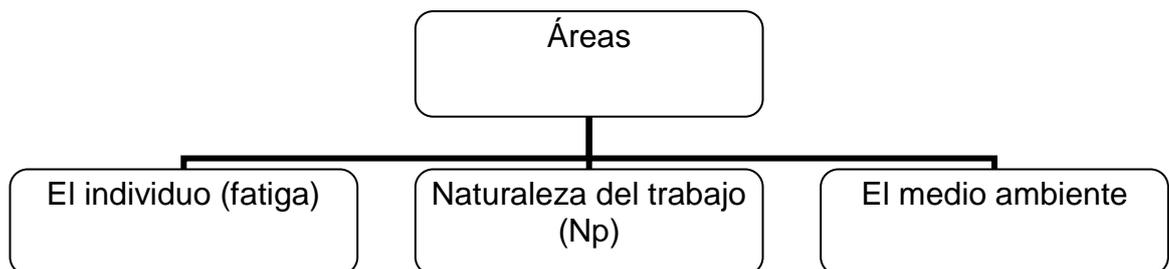


Figura 5. Clasificación de las Tolerancias.

Los suplementos por descanso son los que se añaden al tiempo básico, para dar al trabajador la posibilidad de reponerse de los efectos fisiológicos y psicológicos causados por la ejecución de una actividad en determinadas condiciones y para que pueda atender a sus necesidades personales. Su cuantía depende de la naturaleza del trabajo. Los suplementos por fatiga se añaden elemento por elemento a los tiempos básicos, de modo que se calcula por separado el total de trabajo de cada elemento, y los respectivos tiempos se combinan para hallar el tiempo tipo de toda la tarea u operación. Se entiende por fatiga el cansancio físico y/o mental, real o imaginario, que reduce la capacidad de trabajo de quien lo siente. El contenido de trabajo de una tarea u operación es el tiempo básico más el suplemento por descanso, más un suplemento por trabajo adicional, o sea la parte del suplemento por contingencia que representa trabajo. (Ver figura 6)



**Figura 6. Suplementos por fatiga.**

- **Propósito:** Agregar un tiempo suficiente al tiempo de producción normal que permita al operario de tipo medio cumplir con el estándar a ritmo normal; se expresa como un multiplicador, de modo que el tiempo normal, que consiste en elementos de trabajo productivo, se pueda ajustar fácilmente al tiempo de margen.

Si las tolerancias son demasiadas altas, los costos de producción se incrementan indebidamente y si los márgenes fueran demasiados bajos, resultarán estándares muy estrechos que causarán difíciles relaciones laborales y el fracaso eventual del sistema.

Se le debe asignar una tolerancia o margen al trabajador para que el estándar resultante sea justo y fácilmente manejable por la actuación del operario medio a un ritmo normal y continuo.

- Tipos** {
- ✓ Almuerzos, merienda, necesidades personales, retrasos evitables.
  - ✓ Adicionales/extras, orden y limpieza, tiempo total de ciclo, fatiga.

➤ **Método sistemático para asignar las tolerancias:** evaluar la forma objetiva y a través de la observación directa, el comportamiento de las actividades ejecutadas por el operario, mediante un conjunto de factores los cuales poseen una puntuación según el nivel (evaluación cualitativa y cuantitativa). La sumatoria total de esos valores determina el rango y la clase en (%) a que pertenece, según la jornada de trabajo que aplique, para asignarle un (%) del tiempo total que permita contrarrestar la fatiga.

➤ **Asignación de tolerancias:** los suplementos son variables porque dependen del comportamiento y características del trabajo, mientras que las fijas ya están permanentemente definidas bien sea por la empresa, gobierno o contrato colectivo.

Las categorías contingencia, política de la empresa, y especiales generalmente se expresa en porcentajes del tiempo normal.

➤ **Normalización de las tolerancias:** deducir de la jornada de trabajo, los tiempos por conceptos de suplementos o márgenes fijos de forma tal que se obtenga la jornada efectiva de trabajo, y luego se determina cual es el porcentaje que representa las

tolerancias por fatiga y necesidades personales (por regla de tres).

$$JET = JT - \sum \text{tolerancias}$$

### 2.2.3 CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN O SERVICIO

Los estudios de tiempos, también sirven para establecer la capacidad de producción de una estación de trabajo, ya que se toma en cuenta el tiempo de ciclo medido.

La capacidad de producción o servicio, representa la cantidad de productos o servicios prestados que se elaboran en condiciones normales de operación.

En el presente estudio se considerará el cálculo de la capacidad de producción de cada estación de trabajo, y el mismo se establece a través de la siguiente formula:

$$CP = \frac{1}{TE} * \frac{60 \text{ min}}{\text{Hora}} \quad \text{ó} \quad CP = \frac{TDO}{TE}$$

Donde:

CP = Capacidad de Producción

TE = *Tiempo Estándar*

TDO = *Tiempo Disponible de Operación*

### 2.2.4 TIEMPO DISPONIBLE DE LAS OPERACIONES

Es el tiempo que realmente se esta trabajando, tomando en cuenta que existe un tiempo inactivo (por demoras personales y un tiempo de paradas de los equipos por mantenimiento, en situaciones normales).

$$\text{TDO} = \text{TIEMPO TOTAL DEL TURNO} - (\text{TI} + \text{PM})$$

Donde:

TI = *Tiempo Inactivo*

PM = *Paradas de Mantenimiento*

## 2.2.5 DIAGRAMA CAUSA-EFECTO

Es una de las técnicas más útiles para el análisis de las causas de un problema. Se suele llamar "diagrama de espina de pescado". Se conoce también como diagrama de Ishikawa (por su creador, el Dr. Kaoru Ishikawa, 1943). El diagrama causa/efecto permite definir un efecto y clasificar las causas y variables de un proceso. Es un excelente instrumento para el análisis del trabajo en grupo y que permite su aplicación a temas como el estudio de un caso, determinación de causas de la avería de una instalación eléctrica, etc. Se compone de un rectángulo que se sitúa a la derecha y donde se escribe el resultado final (efecto o consecuencia) y al que llega una flecha desde la izquierda.

Otras flechas se disponen como en una espina de pescado sobre la más grande, que es la columna vertebral. Se representan líneas oblicuas que reflejan las principales causas que influyen señalando a la flecha principal. A cada flecha oblicua principal le llegan otras flechas secundarias que indican sub-causas y, en la medida que el análisis tenga niveles mas profundos, las sub divisiones pueden ampliarse. En la práctica para elaborar un diagrama de causa/efecto se suele emplear mayormente el modelo de las cuatro o seis M (4M, o 6M), o de las 4P, según la cantidad de elementos que se pueda incluir en el análisis de causa. Para la determinación de las causas debe apoyarse aplicando adecuadamente la técnica Tormenta de Ideas.

## 2.2.6 DIAGRAMA DE PARETO

El Diagrama de Pareto constituye un sencillo y gráfico método de análisis que permite discriminar entre las causas más importantes de un problema (los pocos y vitales) y las que lo son menos (los muchos y triviales). El nombre de Pareto fue dado por el Dr. Juran en honor del economista italiano VILFREDO PARETO (1848-1923) quien realizó un estudio sobre la distribución de la riqueza, en el cual descubrió que la minoría de la población poseía la mayor parte de la riqueza y la mayoría de la población poseía la menor parte de la riqueza. El Dr. Juran aplicó este concepto a la calidad, obteniéndose lo que hoy se conoce como la regla 80/20. Según este concepto, si se tiene un problema con muchas causas, podemos decir que el 20% de las causas resuelven el 80 % del problema.

### **Se recomienda el uso del Diagrama de Pareto:**

- Para identificar oportunidades para mejorar.
- Para identificar un producto o servicio para el análisis de mejora de la calidad.
- Cuando existe la necesidad de llamar la atención a los problemas o causas de una forma sistemática.
- Para analizar las diferentes agrupaciones de datos.
- Al buscar las causas principales de los problemas y establecer la prioridad de las soluciones.
- Para evaluar los resultados de los cambios efectuados a un proceso comparando sucesivos diagramas obtenidos en momentos diferentes, (antes y después).
- Cuando los datos puedan clasificarse en categorías.
- Cuando el rango de cada categoría es importante.
- Para comunicar fácilmente a otros miembros de la organización las conclusiones sobre causas, efectos y costes de los errores.

### Los propósitos generales del diagrama de Pareto:

- Analizar las causas
- Estudiar los resultados
- Planear una mejora continua

La Gráfica de Pareto es una herramienta sencilla pero poderosa al permitir identificar visualmente en una sola revisión las minorías de características vitales a las que es importante prestar atención y de esta manera utilizar todos los recursos necesarios para llevar a cabo una acción de mejora sin malgastar esfuerzos ya que con el análisis descartamos las mayorías triviales.

### Ventajas del Diagrama de Pareto

- Ayuda a concentrarse en las causas que tendrán mayor impacto en caso de ser resueltas.
- Proporciona una visión simple y rápida de la importancia relativa de los problemas.
- Ayuda a evitar que se empeoren algunas causas al tratar de solucionar otras y ser resueltas.
- Su formato altamente visible proporciona un incentivo para seguir luchando por más mejoras.

### 2.3. TÉRMINOS BÁSICOS.

- **Ánodo cocido:** es el ánodo verde sometido a un proceso de cocción a fin de adecuar sus propiedades mecánicas y físicas para su uso en el proceso de reducción electrolítica como polo positivo de la celda.
- **Ánodo envarillado:** electrodo positivo de la celda electrolítica; conformado por la unión del ánodo cocido a la varilla anódica mediante una fundición gris, vaciada en los orificios del ánodo.

- **Ánodo verde:** es un bloque carbonoso conformado por coque de petróleo, brea de alquitrán, cabos y desecho verde.
- **Arrabio:** material fundido que se obtiene en el alto horno mediante reducción del mineral de hierro. Se utiliza como materia prima en la obtención de Aceros y Fundiciones.
- **Cabo:** es el residuo del ánodo como resultado del cumplimiento de su vida útil en las celdas electrolíticas o rechazo de ánodos cocidos o envarillado.
- **Capacidad Inadecuada:** Se dice cuando la capacidad de producción del equipo instalado no es suficiente para cumplir con las necesidades futuras de producción que se esperan de él.
- **Cesta porta ánodos:** es una estructura metálica rectangular que protege la integridad de dos (02) ánodos envarillados o dos (02) cabos sucios o limpios, facilitando su transporte y manejo. Consta de una caja con dos soportes que sobresalen para proteger las varillas que se encuentran unidas al ánodo o cabo.
- **Celda electrolítica:** es el recipiente en el cual la energía eléctrica es utilizada en la generación de reacciones químicas que transforma la alúmina en aluminio primario. Está formado principalmente por dos (02) electrodos, uno positivo (ánodo) y otro negativo (cátodo), y un conductor electrolítico. Las reacciones químicas se generan en los electrodos.
- **Crisol:** vasija o recipiente, hecho de un material refractario o de un metal con alto punto de fusión (Aleaciones refractarias), que se usa

para fundir metales u otras sustancias, o para trasegar o transportar metal líquido.

- **Fundición gris:** Las fundiciones son aleaciones de hierro, carbono y silicio que generalmente contienen también manganeso, fósforo y azufre. Son de mayor contenido en carbono que los aceros (2 a 4,5%) y adquieren su forma definitiva directamente por colada
- **Guardacabos:** son los restos de fundición que retornan cuando el ánodo ha cumplido su vida útil en la celda de reducción electrolítica.
- **Hornos de Inducción:** es un horno eléctrico en el que el calor es generado por calentamiento por inducción de un medio conductor (normalmente un metal) en un crisol alrededor del cual se encuentran enrolladas bobinas magnéticas
- **Reducción Electrolítica:** proceso electroquímico que incluye los principios de la electrólisis, referidos a la separación y deposición de metales.
- **Vagón:** Es una estructura metálica sobre cuatro (04) ruedas especiales que sirve de soporte de dos (2) cestas porta ánodos, que permite ser trasladado mediante el uso de remolcador, tractor o arrastrador, también llamado carreta.

## CAPÍTULO III

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente estudio será desarrollado en diferentes aspectos metodológicos con el propósito de cumplir con las metas planteadas, es por ello que la investigación se puede clasificar de la siguiente manera:

- Por el propósito o finalidades perseguidas:

Investigación Aplicada: Debido a que se desea determinar la capacidad de producción de los principales equipos de la sala de envarillado de ánodos, con el objetivo de evaluar los factores que inciden directamente en la disminución de la producción.

- Por el nivel de conocimientos que se adquieren:

Investigación descriptiva-explicativa: La investigación es descriptiva, ya que permitirá describir, registrar y analizar el funcionamiento de los equipos que inciden directamente en la producción de la sala de envarillado de ánodos de C.V.G VENALUM. De igual forma se pretende relacionar las variables implícitas que son factores limitantes de la producción; con el fin de proponer soluciones y mejoras al proceso productivo, aumentando de esta forma la capacidad de producción de la sala de envarillado de ánodos. Por otra parte, la investigación es explicativa, debido a que se busca determinar porque la disponibilidad de

insumos y equipos afecta la producción de la sala de envarillado de ánodos.

- Por la clase de medios utilizados para obtener los datos:

*Investigación de Campo:* Se considera de campo, porque la investigación se realiza en el lugar de los hechos, es decir donde ocurren los fenómenos estudiados; así como también la mayor parte de la información para este estudio fueron recogidos directamente del área de trabajo en la interacción Hombre-Máquina (Estudio de Tiempos e Inspección de los equipos). Es importante destacar que también se apoyó la investigación en la revisión documental para tener un mayor conocimiento sobre el funcionamiento de los equipos y el proceso de la sala de envarillado de ánodos.

### **3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

El diseño de esta investigación es de Campo-no experimental, ya que los datos recogidos (Estudio de Tiempos e Inspección de los equipos) se obtendrán de los equipos de la sala de envarillado de ánodos de C.V.G VENALUM, prácticas de trabajo, prácticas operativas y planes de gestión de mantenimiento; además se observan los acontecimientos sin intervenir en los mismos, es decir sin manipular el proceso.

### **3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **3.3.1 POBLACIÓN**

La población en estudio de la Sala de Envarillado de Ánodos de C.V.G VENALUM son todos los equipos que intervienen en el proceso productivo de la misma; dentro de los cuales se pueden mencionar los siguientes: Rompedora de Cabos, Rompedora de Colada, Grafitadora,

---

Precalentador de puntas de Yugos, Enderezadora de Varillas, precalentador de orificios de ánodos, Hornos de Inducción, Rociadora y Mesa de colada.

### **3.3.2 MUESTRA**

La muestra considerada objeto de estudio fueron los equipos que inciden directamente en la producción de la Sala de Envarillado de Ánodos de C.V.G VENALUM y son los siguientes: Rompedora de Cabos, Rompedora de Colada, Hornos de Inducción y Mesa de Colada.

Para llevar a cabo el estudio se realizó un muestreo aleatorio simple sin reemplazo, donde se selecciona cualquier Cabo, Varilla, Colada, y Horno de Inducción al azar al comenzar la jornada de trabajo hasta completar el número de observaciones diarias para cada uno de los equipos.

### **3.4 TÉCNICA Y/O INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Para la obtención de datos e información que permitieron el planteamiento del procedimiento adecuado se utilizaron las siguientes estrategias y/o instrumentos:

#### **3.4.1 OBSERVACIÓN DIRECTA**

Por medio de la observación directa se pudo describir el proceso productivo y analizar el funcionamiento de los principales equipos del área de envarillado de ánodos de C.V.G VENALUM, dentro de los cuales tenemos: Rompedora de Cabos, Rompedora de Colada, Hornos de Inducción y Mesa de Colada; con el propósito de recopilar los tiempos de romper un cabo, romper una colada, ensamblaje de un ánodo, carga y descarga de los hornos de inducción y por último el tiempo de preparación

---

de fundición gris; por medio de estos se podrá determinar la capacidad de producción de los equipos mencionados anteriormente. Además se identificaron y registraron los distintos factores que inciden directamente en el funcionamiento de los equipos.

### **3.4.2 ENTREVISTAS NO ESTRUCTURADAS**

Con esta técnica se obtuvo la información a través de preguntas que no están planificadas, las cuales son realizadas directamente al personal encargado del mantenimiento y operaciones de envarillado, visitas técnicas para verificar la existencia real de los equipos principales del área de envarillado de ánodos de C.V.G VENALUM, tomando en cuenta sus características y funcionamiento; así como también conocer el proceso productivo de envarillado.

### **3.4.3 REVISIÓN DOCUMENTAL**

Esta técnica consiste en recopilar información relacionada con la investigación, con el propósito de profundizar en el tema y sustentar las bases teóricas; para ello se procedió a realizar una revisión y extracción de datos a partir de: estándares de procesos, prácticas de trabajo y normas internas de CVG VENALUM.

### **3.4.4 HERRAMIENTAS O INSTRUMENTOS**

Para la recolección de los datos fue indispensable utilizar los siguientes instrumentos: Cámara fotográfica, lápiz, Formato de Estudio de Tiempos, calculadora, cronómetro, ya que por medio de los mismos se registro toda la información referente a los equipos en estudio, así como también los tiempos de ciclo de operación de cada uno de los equipos en estudio.

---

### 3.5 PROCEDIMIENTO PARA LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO

El procedimiento a seguir en esta investigación fue el siguiente:

1. Revisión de informes, práctica de trabajo y operativa y normas internas de C.V.G. **VENALUM** que involucran el proceso del área de envarillado de ánodos; con el fin de conocer todas las actividades inherentes al proceso de ensamblaje de ánodos.
  2. Se analizó el funcionamiento de los Hornos de Inducción, Rompedora de Colada, Rompedora de Cabos y Mesa de colada, los cuales son los principales equipos que inciden en la producción de la Sala de Envarillado de Ánodos de C.V.G. **VENALUM** a través de la observación directa.
  3. Recolección de la información acerca del funcionamiento y el historial de fallas de los Hornos de Inducción, Rompedora de Colada, Rompedora de Cabos y Mesa de colada del área de envarillado de ánodos de C.V.G. **VENALUM**; por medio de la elaboración de entrevistas no estructuradas al personal de: Control de Calidad y Procesos, Mantenimiento y Operaciones de la Sala de Envarillado.
  4. Aplicación de herramientas de la calidad para identificar cuales son las fallas de mayor incidencia en los principales equipos que inciden en la producción de la Sala de Envarillado, por medio de la elaboración de diagramas de Pareto.
  5. Realización de Estudio de tiempo a los principales equipos del área de envarillado de ánodos, dentro de los cuales se tienen: Hornos de Inducción, Rompedora de Colada, Rompedora de Cabos y
-

Mesa de colada. Para realizar dicho estudio se tomaron en consideración las siguientes fases:

- Se tomaron en consideración el tiempo de romper un cabo, romper una colada, ensamblaje de un ánodo, carga y descarga de los hornos de inducción y por último el tiempo de preparación de fundición gris.
- Se determinó el tamaño de la muestra, es decir se calcula el número de observaciones que deben efectuarse para cada elemento, dado un nivel de confianza y un margen de exactitud predeterminados, por medio de métodos estadísticos.
  - ✓ Se estableció el nivel de confianza (c)
  - ✓ Se calculó la desviación estándar (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{n}}{n-1}}$$

- ✓ Se determinó los intervalos de confianza (I)

$$I = \bar{X} \pm \frac{tc * S}{\sqrt{n}}$$

- ✓ Se calculó el intervalo de la muestra (Im)

$$Im = \frac{2 * tc * S}{\sqrt{n}}$$

- ✓ Criterios de decisión

- Si  $Im \leq I$ , aceptar
- Si  $Im > I$ , rechazar

En caso de rechazar el número de observaciones se debe hacer el recalcu de la muestra para tomar el número de observaciones adicionales necesarias para el estudio.

- ✓ Nuevo tamaño de la muestra (N')

$$N' = \frac{4 * t_c^2 * S^2}{I^2}$$

- ✓ Contabilizar las lecturas adicionales

$$N = N' - n$$

- Se calculó el tiempo normal, el cual es el tiempo requerido por un operario normal para realizar la operación cuando trabaja con una velocidad estándar, sin ninguna demora por razones personales o circunstancias inevitables.
  - Se determinó el tiempo estándar, este es el tiempo requerido para que el operario de tipo medio, plenamente calificado y adiestrado, trabajando a un ritmo normal, lleve a cabo la operación.
6. Se calculó la capacidad de producción de los Hornos de Inducción, Rompedora de Colada, Rompedora de Cabos y Mesa de colada; por medio del tiempo estándar calculado a través del estudio de tiempos.

$$CP = \frac{1}{TE} * \frac{60 \text{ min}}{\text{Hora}} \quad \text{ó} \quad CP = \frac{TDO}{TE}$$

Donde:

CP = Capacidad de Producción

TE = *Tiempo Estándar*

TDO = *Tiempo Disponible de Operación*

7. Se realizó la comparación de la capacidad de producción real de cada uno de los equipos en estudio con la capacidad teórica de los mismos, por medio de los estándares y parámetros establecidos por la empresa.

## CAPÍTULO IV

### DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

La industria Venezolana de Aluminio C.V.G VENALUM se encarga de producir aluminio primario, utilizando como materia prima la alúmina, criolita y aditivos químicos (fluoruro de calcio y fluoruro de aluminio).

Dentro del proceso de producción de la planta industrial, existen diversas áreas que desempeñan un papel fundamental en el funcionamiento de la misma; dentro de la cual se puede mencionar la Sala de Envarillado de Ánodos perteneciente a la Gerencia de Carbón; el proceso en la misma consiste en la unión de una varilla anódica (Barra de aluminio aleación 6063 homogeneizada, bimetálico Aluminio-Acero y yugo de acero ASTM A105 forjado y normalizado) y un bloque de carbón cocido, los cuales sirven como electrodos positivos en el circuito electrolítico de celdas para obtener aluminio primario.

El proceso de ensamblaje de ánodos empieza en la estación de carga y descarga, donde se reciben los cabos limpios provenientes del área de reducción y descargan los ánodos ensamblados para ser utilizados en las celdas electrolíticas; luego de esto los cabos pasan a la rompedora de cabos donde se desprende la varilla de los cabos; los cabos son transportados a molienda y compactación para ser reutilizados como materia prima en el proceso productivo de ánodos verdes; mientras que la varilla pasa a la rompedora de colada, en la cual se separan los restos de fundición gris que quedan adheridos a la varilla, a estos restos se le da el nombre de guardacabos y son utilizados en los hornos de inducción como materia prima para preparar nuevamente fundición gris; por otro lado las varillas son llevadas a la estación de selección de varillas anódicas donde

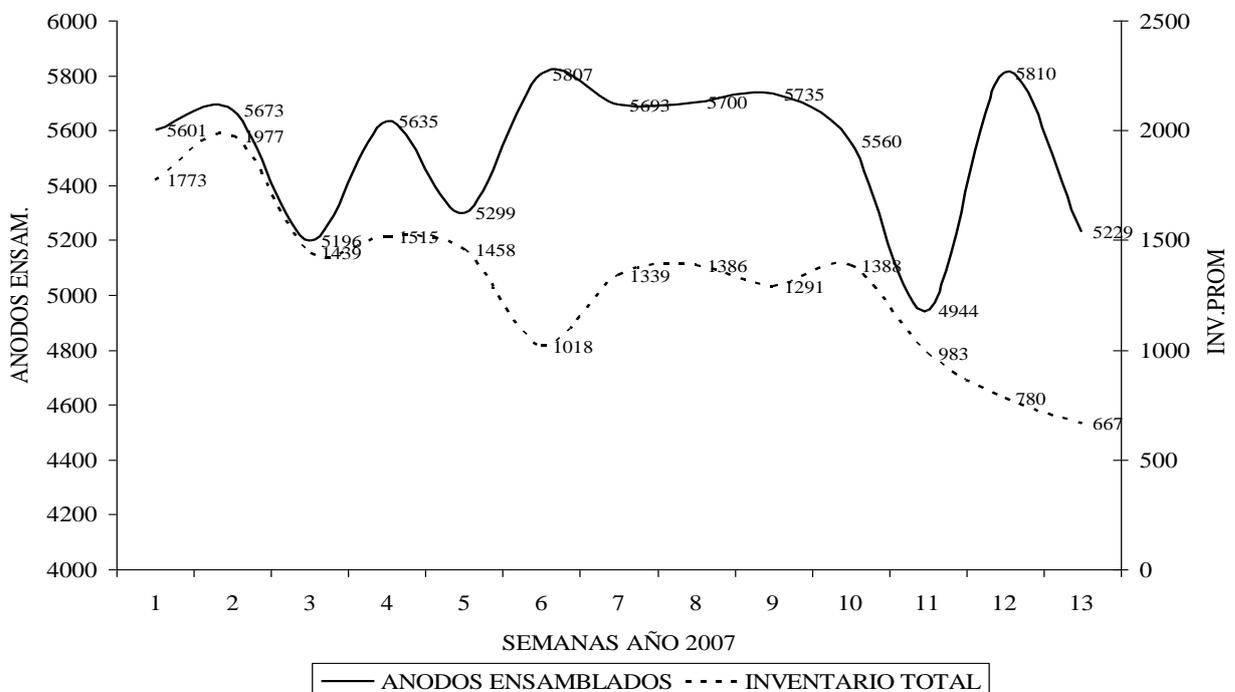
se seleccionan las varillas, se desincorporan las varillas defectuosas y se incorporan varillas nuevas al sistema; después las varillas pasan a la grafitadora en donde se recubren las puntas de yugos de las varillas con solución de grafito, a fin de facilitar el desmolde de la fundición gris y mejorar la conductividad eléctrica. Una vez que la varilla pasa por la grafitadora se procede a precalentar las puntas de los yugos con mecheros a gas, con el fin de eliminar la humedad y los choques térmicos al entrar en contacto la fundición gris con el anillo formado entre el ánodo cocido y la varilla; de igual forma se precalientan los tres (3) orificios que poseen los ánodos, con el propósito de eliminar la humedad de los mismos y así evitar posibles choques térmicos al momento de vaciar la fundición gris; después pasan al sistema de mesa de colada en la cual se ensambla la varilla con el ánodo mediante una fundición gris; luego son llevados hasta la rociadora donde se le aplica una capa de aluminio líquido de aproximadamente 3 mm de espesor a una temperatura de 800°C para disminuir el efecto de la combustión espontánea del carbón durante el proceso de reducción del aluminio con el consecuente ahorro en el consumo de carbón y por último los ánodos envarillados son llevados al almacén donde están listos para ser transportados a las celdas electrolíticas. (Ver anexo 7 y 8)

Cabe destacar que a la vez que empieza el proceso productivo en la estación de carga y descarga al mismo tiempo o antes comienza el proceso de preparación de fundición gris en los hornos de inducción los cuales son cargados con: arrabio, guardacabos, puntas de yugo, carburizante, ferrosilicio, ferrofósforo, silicomanganeso; luego de pasar un tiempo el metal se funde, se toma una muestra la cual va al laboratorio para ser analizada para conocer si cumple con los parámetros establecidos por Control de Calidad y Procesos, si cumple se procede a vaciar el horno en los crisoles para ser llevados a las mesas de colada, en caso contrario se ajusta la fundición para que cumpla con las especificaciones requeridas y seguidamente se vacía el horno.

La sala de envarillado cuenta con dos (2) líneas de producción, línea I donde las operaciones se realizan manualmente y línea II en donde se realizan las actividades de manera automática.

La producción de ánodos envarillados es de vital importancia para el proceso de reducción electrolítica para la obtención de aluminio primario, ya que sin la existencia de los ánodos no se completaría el proceso de reducción. Durante lo que va del año 2007 la producción de ánodos envarillados ha disminuido considerablemente, debido a la baja eficiencia de trabajo de los equipos principales que componen esta área, dentro de los cuales se encuentran: los Hornos de Inducción, Máquina Rompedora de Coladas, Máquina Rompedora de Cabos y la Mesa de Colada; ya que los mismos presentan fallas constantemente y a su vez hay equipos que tienen mayor capacidad de producción que otros trayendo como consecuencias que se produzcan demoras dentro del proceso. (Ver gráfica 1)

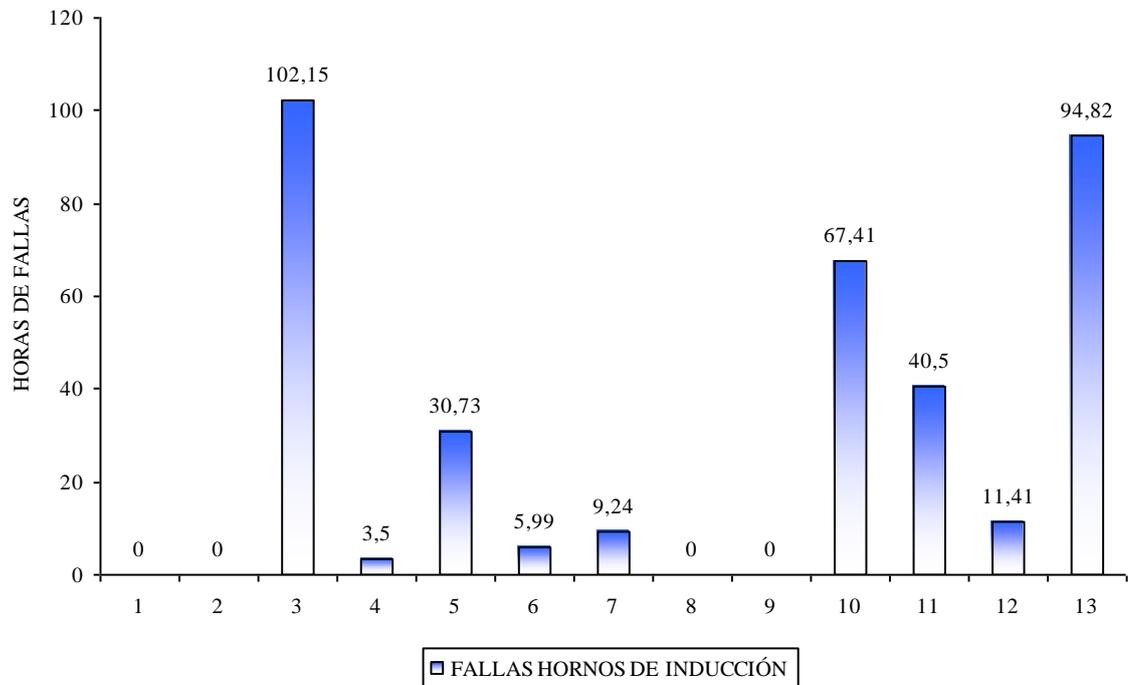
### INVENTARIO PROMEDIO Y ÁNODOS ENSAMBLADOS



**Gráfica 1. Movimiento de Inventario de Ánodos Envarillado y cantidad de ánodos ensamblados.**

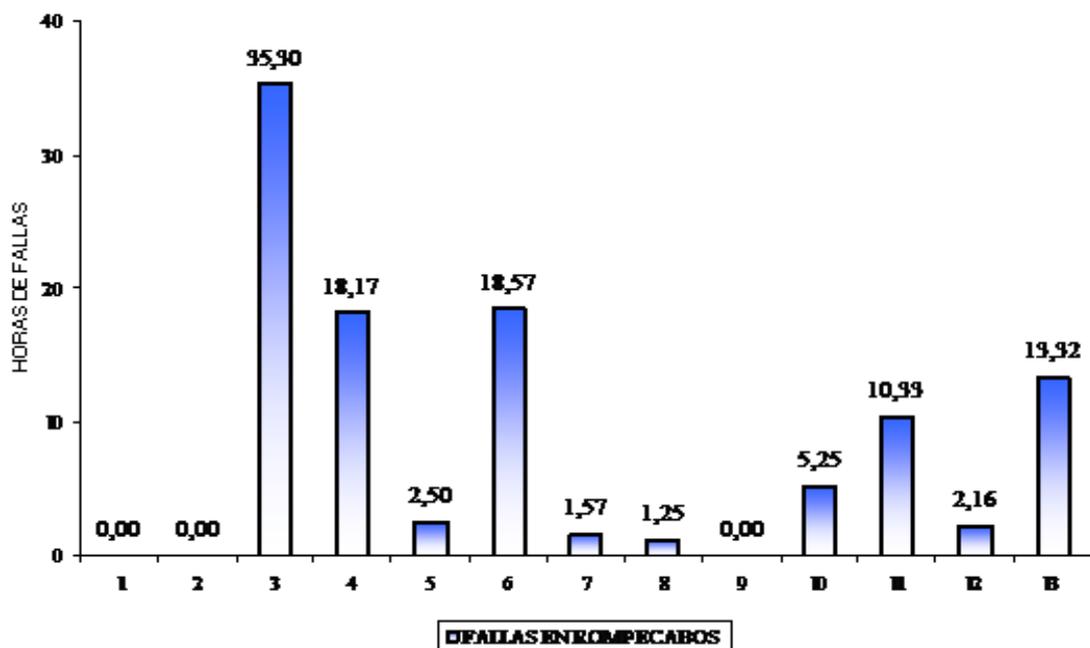
A continuación se presentan de forma gráfica la cantidad de fallas en algunos de los equipos principales del área de envarillado que afectan directamente la producción.

### FALLAS EN LOS HORNOS DE INDUCCIÓN



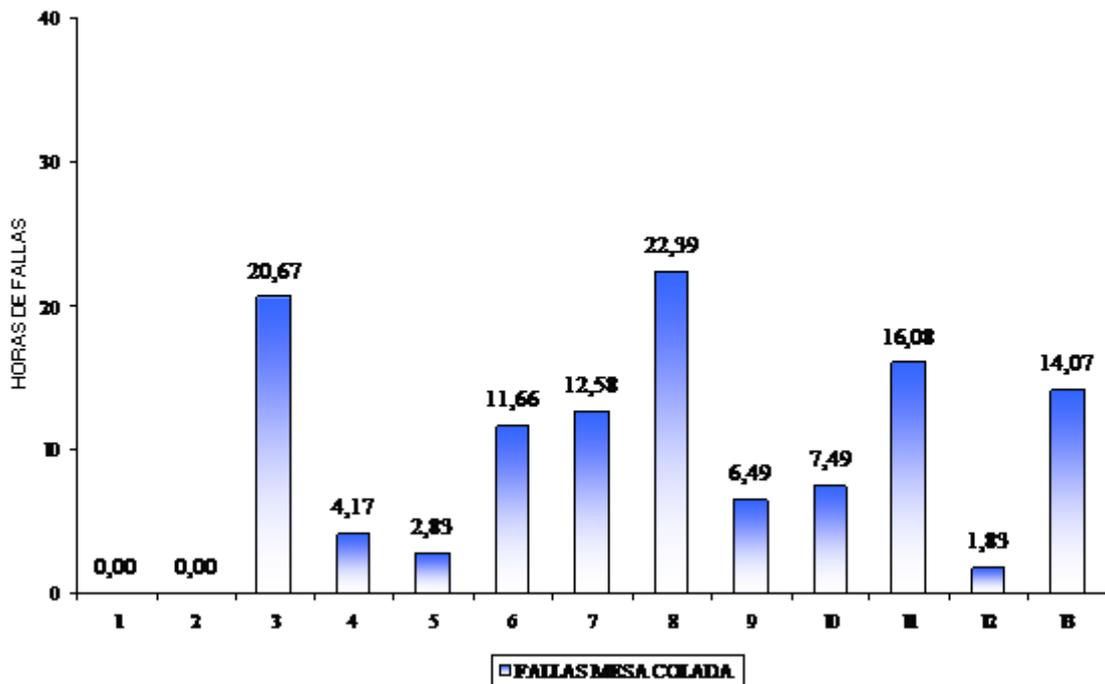
Gráfica 2. Fallas en los Hornos de Inducción.

### FALLAS EN ROMPECABOS



Gráfica 3. Fallas en la Rompedora de Cabos.

### FALLAS EN LAS MESAS DE COLADA

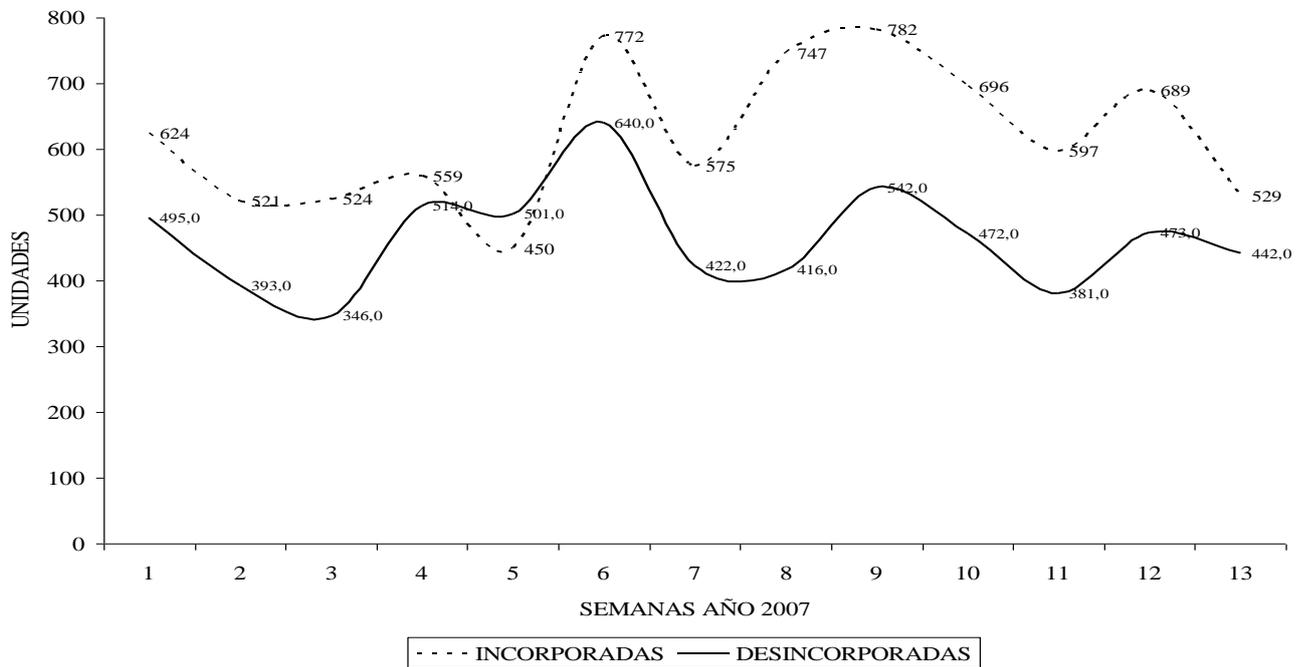


Gráfica 4. Fallas en las Mesas de Colada.

Por otra parte, la producción también se ve afectada por la falta de disponibilidad o existencia de los siguientes insumos y/o equipos:

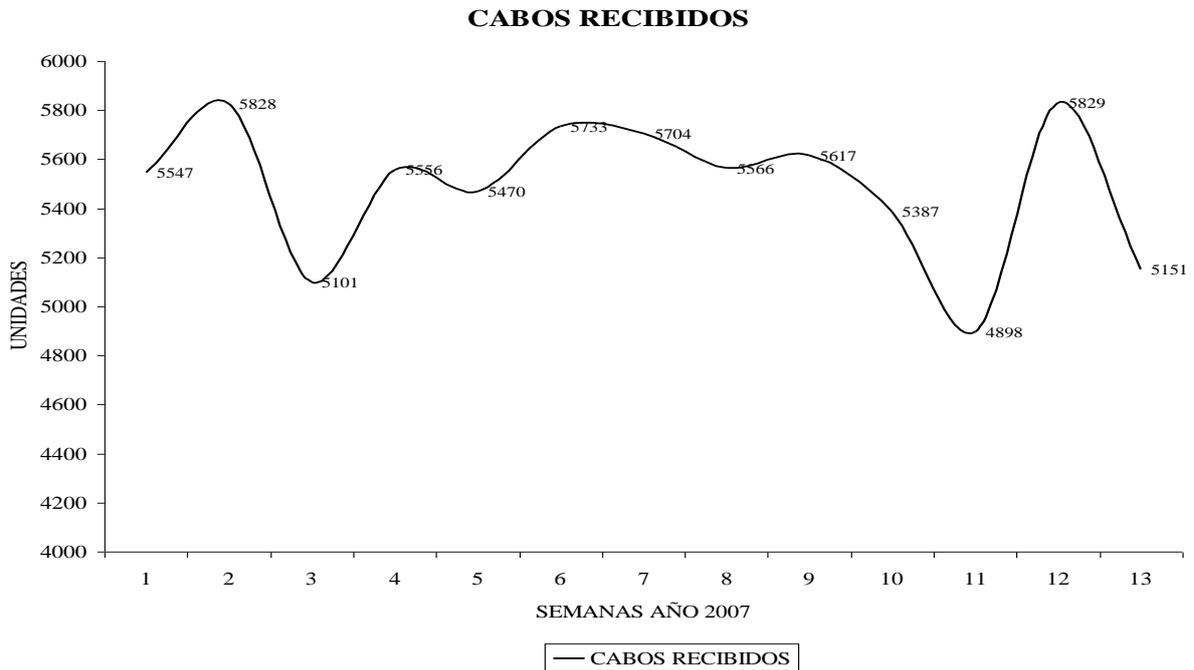
- Varillas a Incorporar. Este factor tuvo un impacto muy fuerte a comienzo del año, ya que no se contaba con varillas disponibles para incorporar al proceso de Envarillado, debido a la fallas de la máquina friction welder y a la falta de yugos. Actualmente no se cuenta con inventario suficiente para una reposición inmediata en caso de contingencia y la incorporación de varillas nuevas y/o reparadas a Envarillado está en el orden de 90 unidades diarias no pudiéndose desincorporar mayor cantidad de varillas con defectos ya que el Taller de Varillas no a ha incrementado su inventario. (Ver gráfica 5).

### VARILLAS INCORPORADAS/DESINCORPORADAS



**Gráfica 5. Cantidad de Varillas Incorporadas y Desincorporadas.**

- Cabos Recibidos Limpios: La cantidad de cabos recibidos durante la semana 11 ha sido el mas bajo durante el año, motivado a reparación y/o automatización de granalladora de recuperación de baño complejo I; lo cual afectó la cantidad de ánodos ensamblados y el inventario. (Ver gráfica 6)



**Gráfica 6. Cantidad de Cabos recibidos en Envarillado.**

Es importante resaltar que la falta de disponibilidad de estos insumos y/o equipos ocasiona un mayor desgaste a los hornos de inducción y por consiguiente su vida útil disminuye, debido a que el material refractario que contienen los mismos se consume más rápido, puesto que la fundición permanece mayor tiempo al reglamentario dentro del horno, lo que ocasiona que los mismos salgan fuera de servicio por vida útil antes de tiempo, por ende disminuye la producción de la sala de envarillado.

## CAPÍTULO V

### ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

#### **5.1 DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS QUE CONFORMAN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA SALA DE ENVARILLADO DE ÁNODOS.**

En esta área se realiza la unión de las varillas conductoras con los ánodos cocidos de carbón, utilizados en las celdas para el proceso de reducción electrolítica del aluminio, esta unión es realizada mediante una fundición gris. (Ver anexo 8 y 9)

El proceso de envarillado consta de las siguientes etapas:

- *Estación de Carga y Descarga:* Es donde se reciben los cabos limpios provenientes del área de reducción y descargan los ánodos ensamblados para ser utilizados en las celdas electrolíticas.
- *Estación Rompedora de Cabos:* Es donde se desprende la varilla del cabo, el cabo es transportado a molienda y compactación para ser reutilizado como materia prima en el proceso productivo de ánodos verdes y la varilla a la estación rompe colada.
- *Estación Rompe Colada:* Es donde se separan los restos de fundición gris que quedan adheridos a la varilla, estos restos se les llama guardacabos y es reutilizado en los hornos de inducción para preparar nuevamente fundición gris y las varillas son llevadas a la estación de selección de varillas anódicas.

- *Selección de Varillas Anódicas:* Es donde se seleccionan las varillas y se desincorporan las varillas defectuosas, así como también se incorporan varillas nuevas al sistema. Además se enderezan las varillas dobladas, esto se realiza en línea 2.
- *Estación Grafitadora:* Es donde las puntas de yugo de las varillas se sumergen en la solución de grafito, a fin de facilitar el desmolde de la fundición gris y mejorar la conductividad eléctrica.
- *Calentador de Puntas de Yugos:* En esta sección se precalientan las puntas de los yugos con mecheros a gas; con el fin de eliminar la humedad y los choques térmicos al entrar en contacto la fundición gris con el anillo formado entre el ánodo cocido y la varilla.
- *Pre calentador de Orificios de Ánodos:* Es donde se precalientan los 3 orificios que poseen los ánodos, con la finalidad de eliminar la humedad en dichos orificios y así evitar posibles choques térmicos al momento de vaciar la fundición gris.
- *Sistema de mesa de Colada:* Es donde se ensambla la varilla con el ánodo mediante una fundición gris.
- *Estación de Rociado:* Es donde se le aplica una capa de aluminio líquido de aproximadamente 3 mm de espesor a una temperatura de 800°C a los ánodos ya envarillados para disminuir el efecto de la combustión espontánea del carbón durante el proceso de reducción del aluminio con el consecuente ahorro en el consumo de carbón.
- *Almacén de Ánodos Envarillados:* En esta área se encuentran los ánodos envarillados listos para ser transportados a las celdas electrolíticas.

## 5.2 BREVE DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS PRINCIPALES EQUIPOS DE LA SALA DE ENVARILLADO DE ÁNODOS.

- Rompedora de Cabos: Después que los cabos son recibidos en la estación de carga y descarga pasan a la rompedora de cabo la cual funciona de la siguiente manera: por medio de cadenas aéreas los cabos son llevado hasta la máquina, luego a través de una pinza la varilla es sostenida para que la misma no se mueva, posteriormente la máquina encaja y sostiene las tres puntas de yugos que sujetan el cabo y esta ejerce una fuerza sobre la parte carbonosa (cabo) en sentido hacia abajo para desprenderla de la varilla, estos restos caen en una bandeja, la cual empuja los mismos hasta una cinta transportadora que es la encargada de llevar los restos hasta el contenedor de cabos para ser trasladados después a molienda y compactación para ser reutilizado como materia prima en el proceso productivo de ánodos verdes. (Ver figura 7,8 y 9).



Cabos o Parte Carbonosa

Figura 7. Cabos en la Estación de Carga y Descarga de Línea II



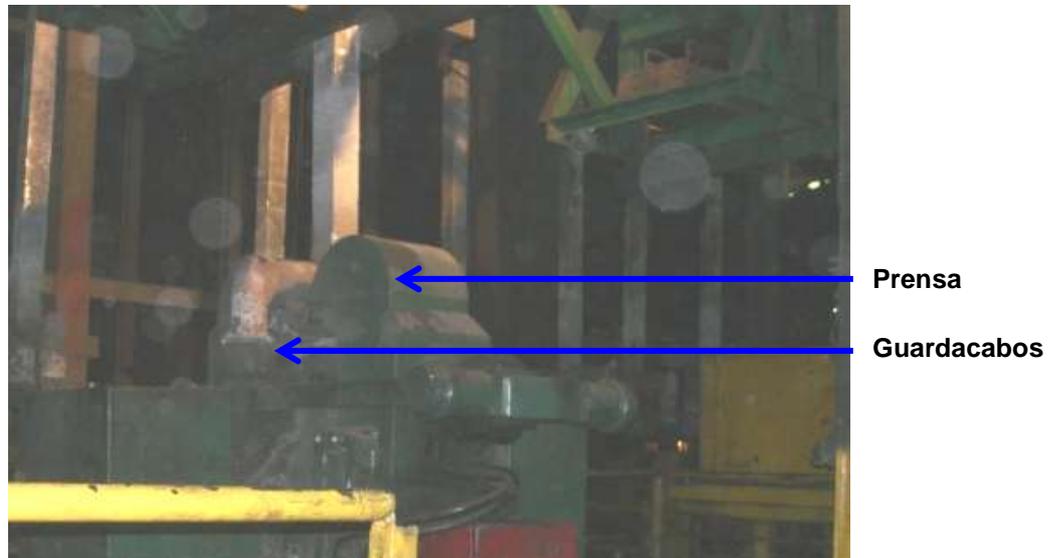
**Figura 8. Vista Frontal de la Rompe Cabos 2 de Línea II.**



**Figura 9. Vista Lateral Derecha de la Rompe Cabos 2 de Línea II**

- Rompedora de Coladas: Luego que se desprende el cabo de la varilla, la misma pasa a la rompedora de Colada, esta trabaja de la siguiente manera: La varilla llega hasta la máquina a través del sistema de cadenas aéreas, inmediatamente la varilla es sostenida por una pinza, para que la misma no se mueva, seguidamente la máquina traslada la varilla hasta la prensa, la cual presiona una por

una cada punta del yugo hasta desprender los restos de fundición, llamados también guardacabos; posteriormente los mismos son almacenados y reutilizados en los hornos de inducción para la preparación de fundición gris.(Ver figura 10).



**Figura 10. Rompe Colada de Línea II**

Por otra parte, también existe la Rompedora de colada manual, la cual se usa en línea I y ocasionalmente en línea II, esta operación de desprendimiento de los guardacabos es realizada por varios operarios; el mismo golpea los restos de fundición con una mandarria hasta desprenderlos esto se hace para cada una de las puntas de los yugos. Esta actividad se lleva a cabo en línea II cuando hay muchas varillas en espera para pasar por la máquina rompedora de coladas o cuando la máquina esta fuera de servicio; esto se realiza con el propósito de evitar demoras al proceso. (Ver figura 11 y 12).



Guardacabos o restos de fundición

Figura 11. Varilla con Guardacabos o Restos de Fundición



Figura 12. Rompe Colada Manual línea II.

- Hornos de Inducción: En la sala de envarillado de ánodos existen 3 hornos de inducción en los cuales se prepara la fundición gris para el ensamblaje de ánodos, los mismos tiene el siguiente funcionamiento: Los hornos son cargados con arrabio, guardacabos, puntas de yugo, carburizante, ferrosilicio, ferrofósforo, silicomanganeso por medio de una tolva, esta es

llevada hasta los hornos a través de una grúa; luego de esto, empieza el proceso en el cual el metal se funde a cierta temperatura durante un tiempo determinado; después que el metal esta completamente fundido se toma una muestra, la cual va al laboratorio para ser analizada para conocer si cumple con los parámetros establecidos por control de calidad y procesos, si cumple se procede a vaciar el horno en los crisoles para ser llevados a las mesas de coladas de línea I y II, en caso contrario se ajusta la fundición para que cumpla con las especificaciones requeridas y posteriormente se vacía el horno. Es importante resaltar que en estos hornos también se prepara la fundición gris necesaria para llevar a cabo el proceso de ensamblaje de cátodos; la fundición para esta área debe cumplir con las especificaciones necesarias y reglamentarias establecidas por control de calidad y procesos, en cada uno de los componentes de la fundición gris. (Ver figura 13,14,15 y 16)



**Figura 13. Carga del Horno de Inducción 3.**



**Figura 14. Horno de Inducción 2 Cargado con Arrabio.**

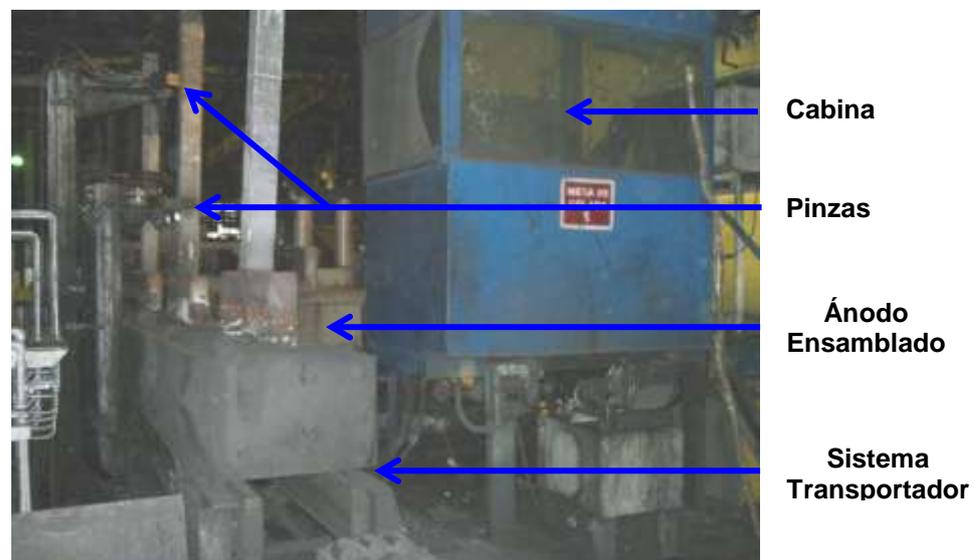


**Figura 15. Proceso de Fundición del Horno de Inducción 1.**



**Figura 16. Vaciado o Descarga del Horno de Inducción 3.**

- Mesas de Colada: Luego que hay en el proceso varillas disponibles y la fundición gris esta lista, se procede a realizar el ensamblaje de ánodos, esta es una operación que se realiza desde cabinas en línea II y manual en línea I; las mesas de colada trabajan de la siguiente manera: el sistema de alimentación para cada una de las líneas de producción I y II respectivamente, coloca los ánodos en el precalentador de orificios de ánodos, luego de esto las cadenas aéreas transportan las varillas hasta las mesas de colada, seguidamente la varilla es sujeta por una pinza hasta que el ánodo se encuentra justamente debajo de ella, después la pinza suelta la varilla y esta se introduce en los orificios del ánodos; posteriormente por medio de un sistema transportador el ánodo junto con la varilla son trasladados hasta donde se encuentra posicionado el crisol que es el encargado de vaciar la fundición gris en los 3 orificios del ánodo para lograr el ensamblaje de la varilla con el ánodos; por último es trasladado hasta la rociadora. (ver figura 17)



**Figura 17. Mesa de Colada 1 de Línea II.**

## 5.3 FALLAS MÁS COMUNES EN LOS PRINCIPALES EQUIPOS DE LA SALA DE ENVARILLADO DE ÁNODOS.

Por medio de la realización de entrevistas no estructuradas al personal de: Control de Calidad y Procesos, Mantenimiento y Operaciones de Envarillado, así como también por medio de la observación directa se identificaron las fallas más comunes en los principales equipos que inciden directamente en la producción del área de envarillado; dentro de los cuales tenemos: Rompedora de Cabos, Rompedora de Coladas, Hornos de Inducción y Mesas de Colada; luego de esto, con la aplicación de herramientas de la calidad como el: Diagrama de Pareto se determinaron cuales eran las fallas de mayor incidencia para cada uno de los equipos en estudio. Además se revisó el SICA y el SIMA.

A continuación se presentan los Diagramas de Pareto de cada uno de los equipos en estudio, para cada línea de producción del área de Envarillado de Ánodos.

### 5.3.1 FALLAS GENERALES Y ESPECÍFICAS DE LOS PRINCIPALES EQUIPOS DE LA SALA DE ENVARILLADO DE ÁNODOS

#### 5.3.1.1 LÍNEA I

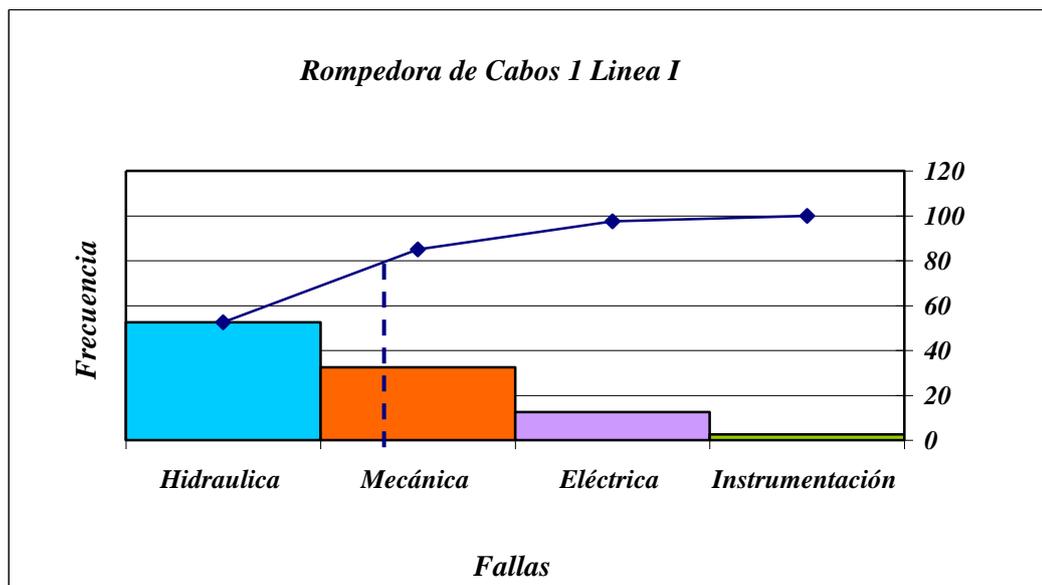
##### ➤ Rompedora de Cabos

Tabla 2: Fallas Generales y Específicas de la Rompe Cabos 1 de Línea I.

Fallas Generales	Fallas Específicas
Hidráulica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuga de Aceite</li> <li>• Mangueras Dañadas</li> <li>• Bomba Dañada</li> <li>• Bote de Agua en Tubería</li> </ul>
Mecánica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empujador Roto</li> <li>• Soldaduras Fracturadas</li> <li>• Pasador de Pinza dañado</li> <li>• Tornillo del Rotador Partido</li> </ul>
Eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toma Eléctrica Dañada</li> <li>• Máquina no Acciona</li> </ul>
Instrumentación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Panel de Control con Componente Dañados</li> </ul>

**Tabla 3: Frecuencia de Fallas de la Rompedora de Cabos de Línea I.**

<b>Rompedora de Cabos Línea I</b>			
Tipo de Falla	Frecuencia	%	% Acumulado
Hidráulica	21,00	52,50	52,50
Mecánica	13,00	32,50	85,00
Eléctrica	5,00	12,50	97,50
Instrumentación	1,00	2,50	100,00
Total fallas	40	100%	



**Gráfica 7: Diagrama de Pareto de la Rompedora de Cabos 1 de Línea I.**

Por medio de la Gráfica 7 se puede observar que las fallas de mayor incidencia en la Rompedora de Cabos de Línea I son las fallas hidráulicas y mecánicas que representan alrededor del 80% del total de las fallas; por lo tanto estas son las que deben ser atacadas de inmediato; debido a que las mismas generan demoras dentro del proceso y a su vez disminuye la producción de la sala de envarillado de ánodos.

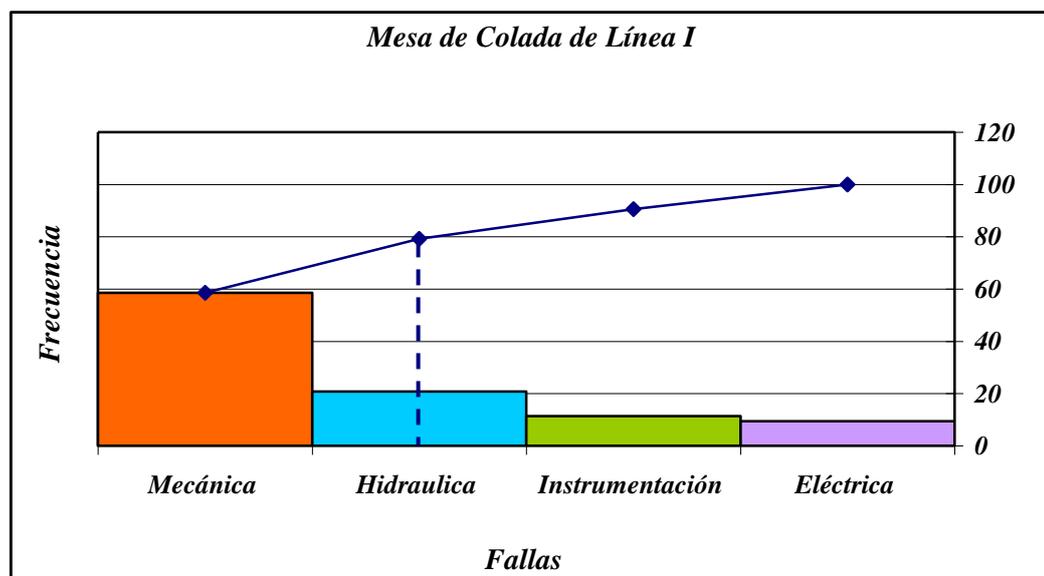
➤ **Mesa de Colada**

**Tabla 4: Fallas Generales y Específicas de la Mesa de Colada de Línea I.**

Fallas Generales	Fallas Específicas
Hidráulica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuga de Aceite</li> <li>• Mangueras Dañadas</li> <li>• Bomba Dañada</li> <li>• Bote de Agua en Tubería</li> </ul>
Mecánica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empujador Roto</li> <li>• Soldaduras Fracturadas</li> <li>• Pasador de Pinza dañado</li> <li>• Tornillo del Rotador Partido</li> </ul>
Eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toma Eléctrica Dañada</li> <li>• Máquina no Acciona</li> </ul>
Instrumentación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Panel de Control con Componente Dañados</li> </ul>

**Tabla 5: Frecuencia de Fallas de la Mesa de Colada de Línea I.**

Mesa de Colada Línea I			
Tipo de Falla	Frecuencia	%	%acumulado
Mecánica	31	58,49	58,49
Hidráulica	11	20,75	79,25
Instrumentación	6	11,32	90,57
Eléctrica	5	9,43	100,00
Total	53	100,00	



**Gráfica 8: Diagrama de Pareto de la Mesa de Colada de Línea I.**

Por medio de la Gráfica 8 se puede observar que las fallas de mayor incidencia en la Mesa de Colada de Línea I son las fallas mecánicas y un pequeño porcentaje de las Hidráulicas, lo que representan alrededor del 80% del total de las fallas; por lo tanto estas son las que deben ser atacadas de forma inmediata. Es importante resaltar que en esa línea, el ensamblaje de ánodos se hace de forma manual, es decir el operario vacía la fundición gris en cada orificio del ánodo.

### 5.3.1.2 LÍNEA II

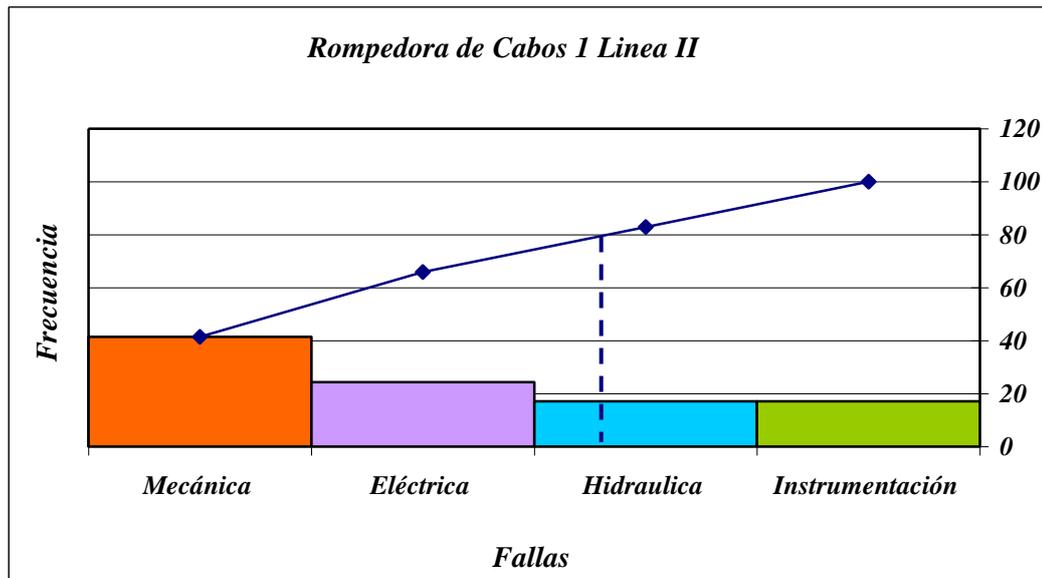
#### ➤ Rompedora de Cabos

**Tabla 6: Fallas Generales y Específicas de la Rompe Cabos 1 de Línea II.**

Fallas Generales	Fallas Específicas
Hidráulica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuga de Aceite</li> <li>• Mangueras Hidráulica Dañadas</li> <li>• Cilindro Hidráulico Dañado</li> </ul>
Mecánica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cilindro de la Mordaza Dañado</li> <li>• Platinas Desprendidas</li> <li>• Planchas Deformadas</li> </ul>
Eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Máquina Pierde el Ciclo, no Acciona.</li> <li>• Cable Viajero Dañado</li> <li>• Corto Circuito en Cableado de Alimentación de la Bomba Hidráulica</li> </ul>
Instrumentación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensores Desprendidos</li> <li>• Sensor del Empujador Dañado</li> </ul>

**Tabla 7: Frecuencia de Fallas de la Rompe Cabos 1 de Línea II.**

Rompedora de Cabos 1 Línea II			
Tipo de Falla	Frecuencia	%	Acumulado %
Mecánica	17,00	41,46	41,46
Eléctrica	10,00	24,39	65,85
Hidráulica	7,00	17,07	82,93
Instrumentación	7,00	17,07	100,00
Total fallas	41,00	100,00%	



**Gráfica 9: Diagrama de Pareto de la Rompe Cabos 1 de Línea II.**

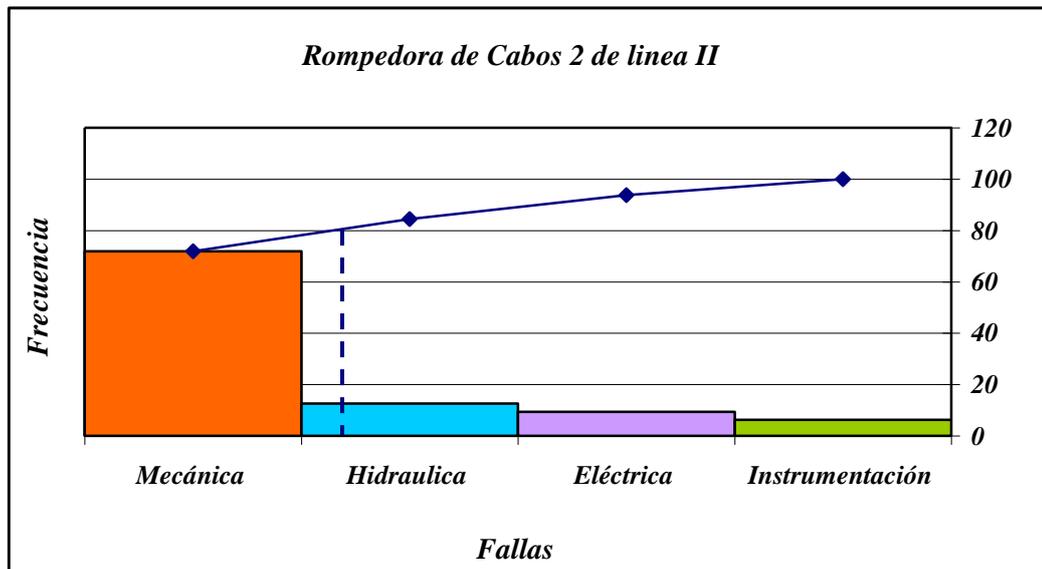
Por medio de la Gráfica 9 se puede observar que las fallas de mayor incidencia en la Rompedora de Cabos 1 de Línea II son las fallas mecánicas, eléctricas y un pequeño porcentaje de las Hidráulicas, lo que representan alrededor del 80% del total de las fallas; por lo tanto estas son las que deben ser atacadas de inmediato; debido a que las mismas generan demoras dentro del proceso y a su vez disminuye la producción de la sala de envarillado de ánodos.

**Tabla 8: Fallas Generales y Específicas de la Rompe Cabos 2 de Línea II.**

Fallas Generales	Fallas Específicas
Hidráulica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuga de Aire en Válvulas</li> <li>• Fuga Interna en el cilindro de la Mordaza</li> <li>• Fuga de Aceite</li> <li>• Mangueras Dañadas</li> </ul>
Mecánica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plancha Tope del Empujador Dañada</li> <li>• Mordazas Dañadas, no Accionan</li> <li>• Pasadores de la Mandíbula sueltos</li> <li>• Tornillo del Rotador Partido</li> </ul>
Eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contactos Dañados</li> <li>• Cable Viajero Dañado</li> </ul>
Instrumentación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No Acciona ni en Manual ni en Automático</li> </ul>

**Tabla 9: Frecuencia de Fallas de la Rompe Cabos 2 de Línea II.**

<b>Rompedora de Cabos 2 de Línea II</b>			
Tipo de Falla	Frecuencia	%	Acumulado %
Mecánica	23,00	71,88	71,88
Hidráulica	4,00	12,50	84,38
Eléctrica	3,00	9,38	93,75
Instrumentación	2,00	6,25	100,00
Total fallas	32,00	100,00%	



**Gráfica 10: Diagrama de Pareto de la Rompe Cabos 2 de Línea II.**

Por medio de la Gráfica 10 se puede observar que las fallas de mayor incidencia en la Rompedora de Cabos 2 de Línea II son las fallas mecánicas y un pequeño porcentaje de las Hidráulicas, lo que representan alrededor del 80% del total de las fallas; por tal motivo estas son las que deben ser atacadas de inmediato; ya que la disminución de este porcentaje de fallas, aumentaría el porcentaje de disponibilidad del equipo, trayendo como consecuencia un aumento de la producción.

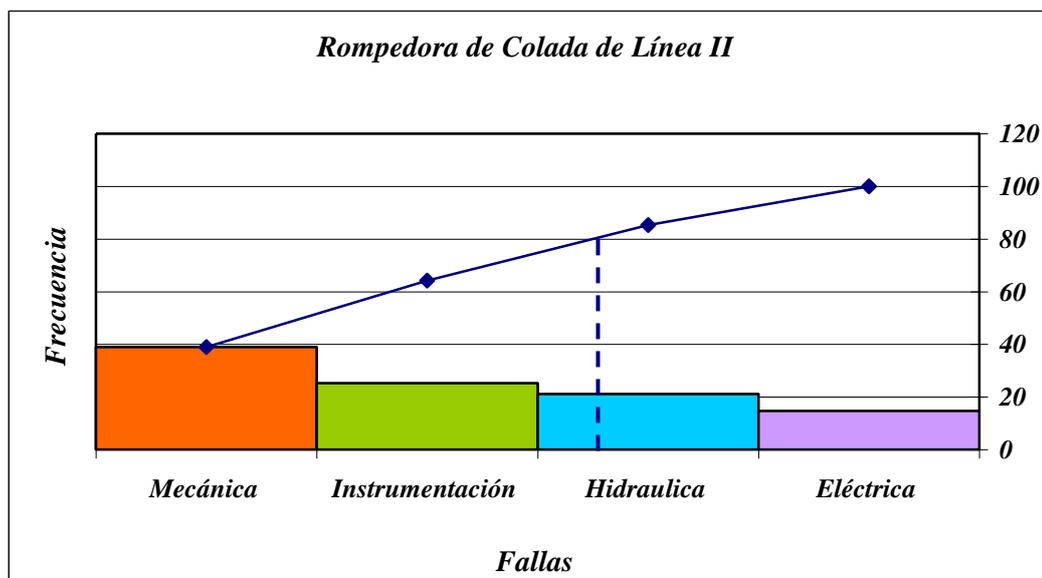
➤ **Rompedora de Coladas**

**Tabla 10: Fallas Generales y Específicas de la Rompe Colada de Línea II.**

Fallas Generales	Fallas Específicas
Hidráulica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuga de Aceite</li> <li>• Unidad Hidráulica Dañada</li> <li>• Tubería Hidráulica Dañada</li> </ul>
Mecánica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rieles de Salida Dañados</li> <li>• Carro Descarrilado</li> <li>• Leva de Teflón Desprendida</li> <li>• Motor Eléctrico, no Arranca</li> </ul>
Eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suiche Desprendido</li> <li>• Lámparas de Alumbrado, no funcionan</li> </ul>
Instrumentación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pantalla del Panel de Control Rota</li> <li>• Sensores Dañados</li> <li>• Sensor de Posición Dañado</li> </ul>

**Tabla 11: Frecuencia de Fallas de la Rompe Colada de Línea II.**

Rompedora de Colada Línea II			
Tipo de Falla	Frecuencia	%	%acumulado
Mecánica	37	38,95	38,95
Instrumentación	24	25,26	64,21
Hidráulica	20	21,05	85,26
Eléctrica	14	14,74	100,00
Total	95	100,00	



**Gráfica 11: Diagrama de Pareto de la Rompe Colada de Línea II.**

Por medio de la Gráfica 11 se puede observar que las fallas de mayor incidencia en la Rompedora de Colada de Línea II son las fallas mecánicas, instrumentación y un pequeño porcentaje de las Hidráulicas, lo que representan alrededor del 80% del total de las fallas; por lo tanto estas son las que deben ser atacadas de inmediato; debido a que las mismas generan demoras dentro del proceso. De igual forma, también se observó que esta máquina tiene menor capacidad de producción que la rompe cabos, trayendo como consecuencia la acumulación de varillas en el sistema, lo que se traduce en la disminución de la producción.

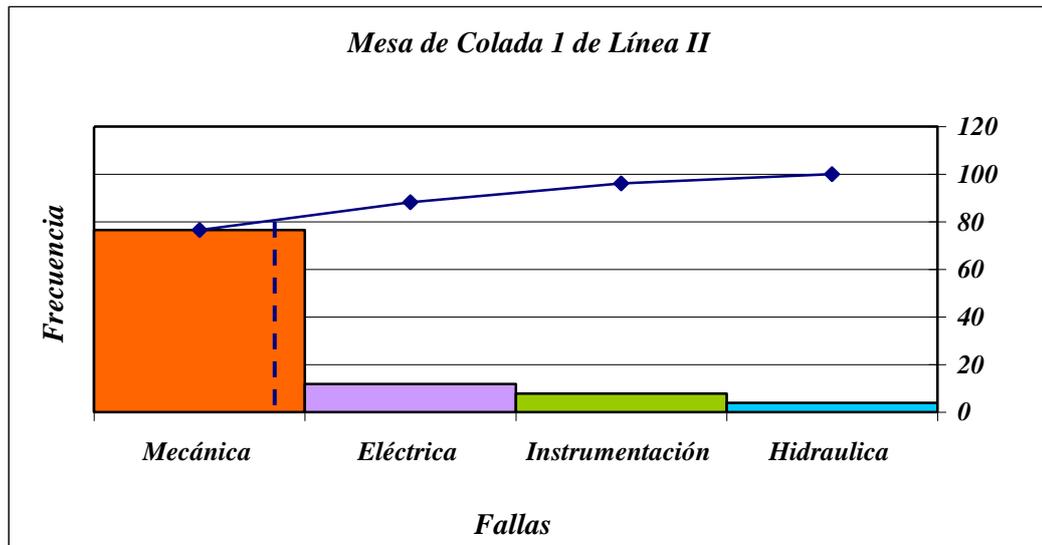
### ➤ Mesas de Coladas

**Tabla 12: Fallas Generales y Específicas de la Mesa de Colada 1 de Línea II.**

Fallas Generales	Fallas Específicas
Hidráulica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mangueras de Presión de Aire Dañadas</li> <li>• Bomba Hidráulica Dañada</li> </ul>
Mecánica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resorte de la Pinza Móvil Dañado</li> <li>• Resorte Suelto de Centrador de Varilla</li> <li>• Brazo Desalineado de la Pinza Móvil</li> <li>• Cilindro de Traslación Dañado</li> </ul>
Eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suiche Quemado</li> <li>• Halógeno del Reflector Dañado</li> </ul>
Instrumentación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensor Dañado</li> <li>• No trabaja en Automático</li> </ul>

**Tabla 13: Frecuencia de Fallas de la Mesa de Colada 1 de Línea II.**

Mesa de Colada 1 Línea II			
Tipo de Falla	Frecuencia	%	%acumulado
Mecánica	39	76,47	76,47
Eléctrica	6	11,76	88,24
Instrumentación	4	7,84	96,08
Hidráulica	2	3,92	100,00
Total	51	100,00	



**Gráfica 12: Diagrama de Pareto de la Mesa de Colada 1 de Línea II.**

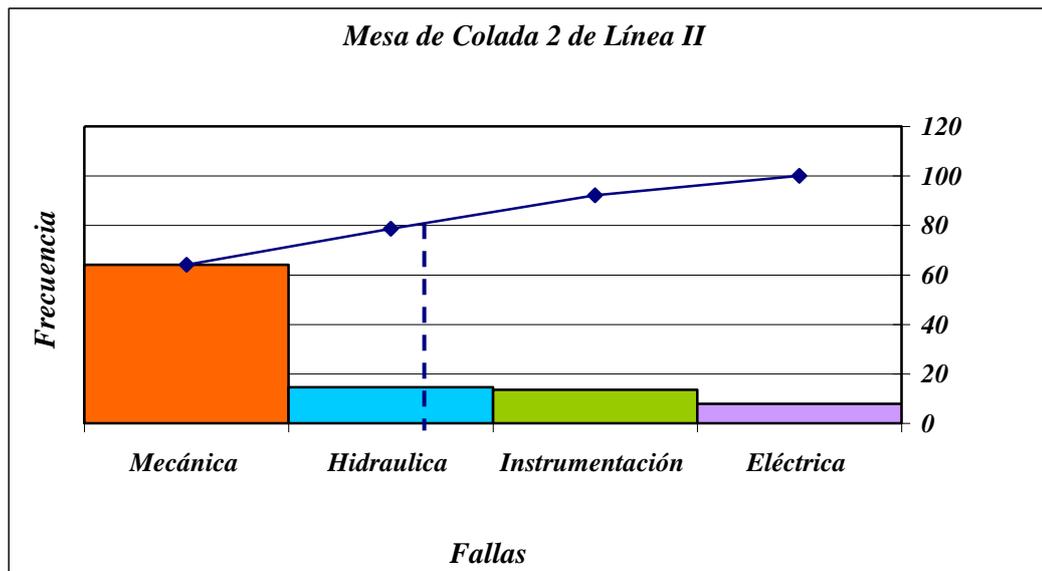
Por medio de la Gráfica 12 se puede observar que las fallas de mayor incidencia en la Mesa de Colada 1 de Línea II son las fallas mecánicas, lo que representan casi el 80% del total de las fallas; por ende estas son las que deben ser atacadas de forma inmediata. La constante repetición de estas fallas genera ánodos mal ensamblados al proceso y paradas de producción, trayendo como consecuencia una disminución de la producción, ya que no se envían a celdas la cantidad de ánodos requeridos. Es importante resaltar que está es la etapa más importante dentro del proceso de la sala de envarillado; por tal motivo es de vital importancia disminuir el porcentaje de ocurrencia de las fallas mencionadas anteriormente, debido a que si las Mesas de Colada no operan no hay producción en esta área de la empresa.

**Tabla 14: Fallas Generales y Específicas de la Mesa de Colada 2 de Línea II.**

Fallas Generales	Fallas Específicas
Hidráulica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuga de Aceite</li> <li>• Válvula Hidráulica Dañadas</li> <li>• Bomba Hidráulica de la Vagoneta Dañada</li> <li>• Cilindro de Elevación Hidráulico no Funciona</li> </ul>
Mecánica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Base Desprendida del Volcador</li> <li>• Resorte Tensor de la Pinza Móvil Dañado</li> <li>• Cilindro de Traslación, no Avanza</li> <li>• Centrador de Ánodos Suelto</li> </ul>
Eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Halógeno del Reflector Dañado</li> </ul>
Instrumentación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensor de la Pinza Fuera de Posición.</li> </ul>

**Tabla 15: Frecuencia de Fallas de la Mesa de Colada 2 de Línea II.**

<b>Mesa de Colada 2 Línea II</b>			
Tipo de Falla	Frecuencia	%	%acumulado
Mecánica	57	64,04	64,04
Hidráulica	13	14,61	78,65
Instrumentación	12	13,48	92,13
Eléctrica	7	7,87	100,00
Total	89	100,00	



**Gráfica 13: Diagrama de Pareto de la Mesa de Colada 2 de Línea II.**

Por medio de la Gráfica 13 se puede observar que las fallas de mayor incidencia en la Mesa de Colada 2 de Línea II son las fallas mecánicas y un pequeño porcentaje de las hidráulicas, lo que representan casi el 80% del total de las fallas; por ende estas son las que deben ser atacadas de forma inmediata. La constante repetición de estas fallas genera ánodos mal ensamblados al proceso y paradas de producción, trayendo como consecuencia una disminución de la producción, ya que no se envían a celdas la cantidad de ánodos requeridos. Es importante resaltar que está es la etapa más importante dentro del proceso de la sala de envarillado; por tal motivo es de vital importancia disminuir el porcentaje de ocurrencia de las fallas mencionadas anteriormente, debido a que si las Mesas de Colada no operan no hay producción en esta área de la empresa.

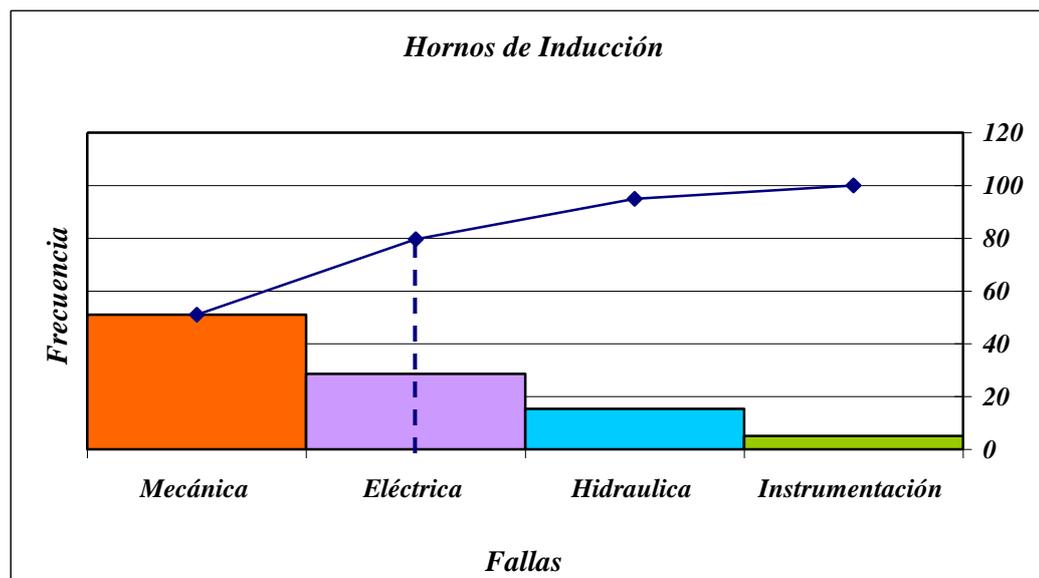
### 5.3.1.3 Hornos de Inducción

**Tabla 15: Fallas Generales y Específicas**

Fallas Generales	Fallas Específicas
Hidráulica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuga de Aceite</li> <li>• Mangueras de Enfriamiento Rotas</li> <li>• Manguera Hidráulica Dañada</li> <li>• Fuga de Agua</li> </ul>
Mecánica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pasador del Cilindro de Alza Dañado</li> <li>• Pasador Partido</li> <li>• Campana Recolectora de Gases, no Funciona</li> <li>• Pistones para el Cilindro de Elevación dañado</li> </ul>
Eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bobina del Horno Dañada</li> <li>• Humedad en Tarjetas Electrónicas</li> <li>• Fusibles Quemados</li> <li>• Corto Eléctrico en el Panel</li> </ul>
Instrumentación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se Dispara el Horno por Alta Temperatura</li> <li>• Lanza Porta termocupla Dañada</li> </ul>

**Tabla 16: Frecuencia de Fallas de los Hornos de Inducción.**

Hornos de Inducción			
Tipo de Falla	Frecuencia	%	%acumulado
Mecánica	50	51,02	51,02
Eléctrica	28	28,57	79,59
Hidráulica	15	15,31	94,90
Instrumentación	5	5,10	100,00
Total	98	100,00	



**Gráfica 14: Diagrama de Pareto de los Hornos de Inducción.**

Por medio de la Gráfica 14 se puede observar que las fallas de mayor incidencia en los Hornos de Inducción son las fallas mecánicas y un pequeño porcentaje de las eléctricas, lo que representan casi el 80% del total de las fallas; por ende estas son las que deben ser atacadas de forma inmediata, puesto que la constante repetición de las mismas generan demoras al proceso y paradas de producción.

#### **5.4 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE LOS PRINCIPALES EQUIPOS DE LA SALA DE ENVARILLADO DE ÁNODOS.**

Por medio del estadístico “*t student*” se determinó el número de observaciones que se deben realizar en la recolección de los datos con un nivel de confianza (Nc) del 95%, de este modo se obtienen los ciclos que deben ser observados y registrados con la finalidad tener una mayor confiabilidad de la información recabada.

Es importante tener en cuenta que para la realización de esta investigación se tomaron un total de 24 observaciones para los siguientes equipos: Máquina Rompedora de Cabos, Máquina Rompedora de Coladas y Mesas de Colada; por otro parte, para los hornos de inducción se tomó un total de 5 observaciones para cada una de los hornos. (Ver Anexo 10, 11,12 y 13).

Para llevar a cabo este estudio se tomaron en consideración los tiempos respectivos a cada operación que conforman el contenido de trabajo. Para la aplicación del estudio de tiempo se hizo uso del método del cronometraje vuelta a cero, ya que por medio de este se obtiene directamente el tiempo empleado en cada operación (observación directa); determinando de este modo la estabilidad o inestabilidad del operario a la hora de realizar su trabajo. (Ver anexo 14 y 15)

$$TE = TN + \Sigma Tol$$

Donde:

TN =Tiempo Normal

Tol= Tolerancias

Para la determinación de la fatiga se utiliza el método sistemático, el cual provee una tabla, a través de la cual se especifican las condiciones que alteran al operario durante la jornada de trabajo (ver Anexo 5 y 6)

Es importante resaltar que las tolerancias variables deben estar normalizadas, es decir deben estar en función del TN (tiempo normal), dichas tolerancias son: las necesidades personales y la fatiga.

Luego de haber calculado el tiempo estándar para cada uno de los equipos en estudio, se procede al cálculo de la capacidad de producción de los mismos.

#### 5.4.1 CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE LÍNEA I

##### ➤ Rompedora de Cabos 1 Línea I

$$CP = \frac{1Cabo}{TE} * \frac{60 \text{ min}}{\text{Hora}} \Rightarrow CP = \frac{1Cabo}{0,82 \text{ min}} * \frac{60 \text{ min}}{\text{Hora}} \Rightarrow CP = 73 \text{ cabos/hora}$$

##### ➤ Rompedora de Coladas de Línea I

$$CP = \frac{1Varilla}{TE} * \frac{60 \text{ min}}{\text{Hora}} \Rightarrow CP = \frac{1Varilla}{0,85 \text{ min}} * \frac{60 \text{ min}}{\text{Hora}} \Rightarrow CP = 70 \text{ varillas/hora}$$

##### ➤ Mesa de Colada de Línea I

$$CP = \frac{1Ánodo}{TE} * \frac{60 \text{ min}}{\text{Hora}} \Rightarrow CP = \frac{1Ánodo}{0,87 \text{ min}} * \frac{60 \text{ min}}{\text{Hora}} \Rightarrow CP = 68 \text{ ánodos/hora}$$

## 5.4.2 CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE LÍNEA II

### ➤ Rompedora de Cabos 1 Línea II

$$CP = \frac{1Cabo}{TE} * \frac{60 \text{ min}}{\text{Hora}} \Rightarrow CP = \frac{1Cabo}{1,28 \text{ min}} * \frac{60 \text{ min}}{\text{Hora}} \Rightarrow \boxed{CP = 46 \text{ cabos/hora}}$$

### ➤ Rompedora de Cabos 2 Línea II

$$CP = \frac{1Cabo}{TE} * \frac{60 \text{ min}}{\text{Hora}} \Rightarrow CP = \frac{1Cabo}{1,05 \text{ min}} * \frac{60 \text{ min}}{\text{Hora}} \Rightarrow \boxed{CP = 57 \text{ cabos/hora}}$$

### ➤ Rompedora de Coladas de Línea II

$$CP = \frac{1Varilla}{TE} * \frac{60 \text{ min}}{\text{Hora}} \Rightarrow CP = \frac{1Varilla}{1,34 \text{ min}} * \frac{60 \text{ min}}{\text{Hora}} \Rightarrow \boxed{CP = 44 \text{ varillas/hora}}$$

### ➤ Mesa de Colada 1 de Línea II

$$CP = \frac{1Ánodo}{TE} * \frac{60 \text{ min}}{\text{Hora}} \Rightarrow CP = \frac{1Ánodo}{1,50 \text{ min}} * \frac{60 \text{ min}}{\text{Hora}} \Rightarrow \boxed{CP = 40 \text{ ánodos/hora}}$$

### ➤ Mesa de Colada 2 de Línea II

$$CP = \frac{1Ánodo}{TE} * \frac{60 \text{ min}}{\text{Hora}} \Rightarrow CP = \frac{1Ánodo}{1,52 \text{ min}} * \frac{60 \text{ min}}{\text{Hora}} \Rightarrow \boxed{CP = 39 \text{ ánodos/hora}}$$

## 5.4.3 CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE LOS HORNOS DE INDUCCIÓN

### ➤ Horno de Inducción 1

$$\begin{array}{ccc} 2200 \text{ kg Fundición} & \longrightarrow & 69,99 \text{ min} \\ X & \longleftarrow & 60 \text{ min} \end{array}$$

$$\boxed{X = 1885 \text{ kg fundición/hora}}$$

33 kg Fundición —————> 1 Ánodos  
 1885 kg fundición/Hora —————> X

CP= 57 ánodos/hora

➤ **Horno de Inducción 2**

1700 kg Fundición —————> 93,79 min  
 X ←———— 60min

X= 1087 kg fundición/hora

33 kg Fundición —————> 1 Ánodos  
 1087 kg fundición/Hora —————> X

CP= 33 ánodos/hora

➤ **Horno de Inducción 3**

1700 kg Fundición —————> 96,65 min  
 X ←———— 60min

X= 1055 kg fundición/hora

33 kg Fundición —————> 1 Ánodos  
 1055 kg fundición/Hora —————> X

CP= 32 ánodos/hora

**5.5 COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD REAL DE LOS EQUIPOS PRINCIPALES DE LA SALA DE ENVARILLADO DE ÁNODOS CON LA CAPACIDAD TEÓRICA DE LOS MISMOS.**

Actualmente la capacidad de producción de la Sala de Envarillado a disminuido considerablemente, debido a las fallas que presentan constantemente los equipos como se puede observar en la sección 5.3,

así como también por la falta de disponibilidad o existencia de insumos y/o equipos, ya que los mismos son de vital importancia para llevar a cabo el proceso productivo de envarillado.

De acuerdo a los resultados obtenidos (ver tabla 17 y 18), se puede afirmar que la capacidad de producción de los principales equipos que conforman línea I y II de la sala de envarillado ha disminuido, lo cual es un indicador de que los equipos no se encuentran funcionando correctamente, lo que quiere decir que se debe evaluar los planes de mantenimiento realizados a estos equipos y a su vez determinar en que etapa de vida útil se encuentran operando los mismos, debido a que si están en su etapa de desgaste, se puede decir que la misma es uno de los factores por lo cuales la capacidad de producción de estos equipos ha disminuido.

Por otra parte, se puede evidenciar que la capacidad de producción de las rompedoras de cabo 1 y 2 de Línea II (Ver tabla 18) son mayores que la rompedora de colada, trayendo como consecuencia que se acumulen varillas en la estación rompedora de coladas, generando de esta forma demoras al proceso y por ende disminuye la producción, cuando ocurre esto se utiliza también la rompedora de colada manual para tratar de disminuir las demoras y aumentar la producción de la Sala de Envarillado.

**Tabla 17. Capacidad de Producción Teórica Vs Capacidad Real de Línea I**

<b>EQUIPO</b>	<b>TIEMPO NORMAL (TN)</b>	<b>TIEMPO ESTÁNDAR (TE)</b>	<b>CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN TEÓRICA(CP)</b>	<b>CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN REAL (CP)</b>
Rompedora de cabos 1	0,65 Min	0,82Min	83 Cabos/Hora	73 Cabos/ Hora
Rompedora de Coladas Manual	0,65 Min	0,85 Min	-----	70 Varillas/Hora
Mesa de Colada Manual	0,67 Min	0,87 Min	65 Ánodos/Hora	68 ánodos/Hora

**Tabla 18. Capacidad de Producción Teórica Vs Capacidad Real de Línea II**

EQUIPO	TIEMPO NORMAL (TN)	TIEMPO ESTÁNDAR (TE)	CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN TEÓRICA(CP)	CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN REAL (CP)
Rompedora de cabos 1	1,01 Min	1,28 Min	48 Cabos/ Hora	46 Cabos/ Hora
Rompedora de cabos 2	0,83 Min	1,05 Min	69 Cabos/ Hora	57 Cabos/ Hora
Rompedora de Coladas	1,06 Min	1,34 Min	50 Varillas/Hora	44 Varillas/Hora
Mesa de Colada 1	1,18 Min	1,50 Min	45 ánodos/Hora	40 ánodos/Hora
Mesa de Colada 1	1,20 Min	1,52 Min	45 ánodos/Hora	39 ánodos/Hora

Es importante destacar que actualmente la capacidad de producción de los hornos de inducción ha aumentado aunque se siguen ensamblando la misma cantidad de ánodos; esto ocurre debido a que el consumo de fundición gris se ha incrementado, debido a un aumento en el tamaño de los orificios de los ánodos, lo que trae como consecuencia que se necesiten más kilogramos de fundición para cada ánodo con respecto a lo que se utilizaban anteriormente.

**Tabla 19. Capacidad de Producción de los Hornos de Inducción.**

EQUIPO	CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN TEÓRICA(CP)
Horno 1	57 ánodos/hora
Horno 3	33 ánodos/hora
Horno 3	32 ánodos/hora

## CONCLUSIONES

Después de realizado el estudio y analizado los resultados obtenidos se llegó a las siguientes conclusiones:

1. Las fallas que tienen mayor porcentaje de incidencia y que afectan los principales equipos del área de envarillado son las siguientes:

- Rompe Cabos 1 y Mesa de Colada de Línea I las fallas hidráulicas y mecánicas.
- Rompe Cabos 1 de línea II y los Hornos de Inducción las fallas eléctricas y mecánicas.
- Mesa de Colada 2 y la Rompe Cabos 2 de Línea II las fallas hidráulicas y mecánicas.
- La Mesa de Colada 1 de Línea II las fallas mecánicas.
- La Rompe Coladas de línea II mecánicas y de instrumentación.

2. La capacidad de producción de la Rompedora de Cabos, Rompedora de Coladas y Mesas de Coladas ha disminuido debido a las fallas que presentan los equipos constantemente y la falta de disponibilidad o existencia de insumos y/o equipos.

3. La capacidad de producción de los Hornos de Inducción ha aumentado, debido a un incremento en el consumo de fundición gris, el cual esta dado por un aumento en el tamaño de los orificios de los ánodos.

4. La estación rompedora de Cabos de línea II tiene mayor capacidad de producción que la estación rompedora de coladas, lo que trae como consecuencias que se generen demoras al proceso por la acumulación de varillas.

## RECOMENDACIONES

De acuerdo a las conclusiones obtenidas se presentan las siguientes recomendaciones:

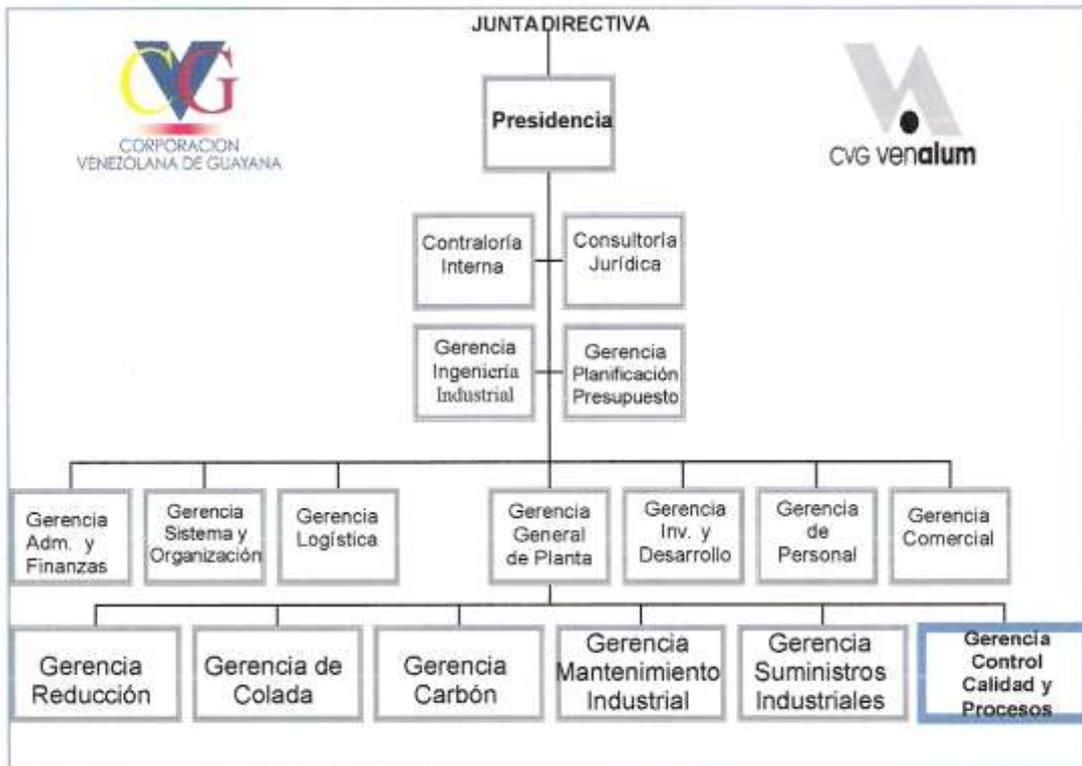
1. Aplicar periódicamente un estudio de tiempo, de manera que le permita a la empresa tener un control de los tiempos de operación de los equipos, para así tomar las prevenciones necesarias con el fin de mantener una buena productividad, y a su vez garantizarle al operario condiciones óptimas en el ambiente laboral.
2. Realizar una evaluación a los planes de mantenimiento realizados a los equipos para determinar si se están aplicando correctamente o si es necesario cambiar la metodología usada para realizar el mantenimiento.
3. Implementar el uso de formatos tales como: historial de los equipos y reporte de inspecciones con el propósito de llevar un control de los mismos, y de esta forma estimar cuando se debe hacer el mantenimiento, con el fin de realizar las acciones correctivas antes que el equipo falle.
4. Hacer una evaluación económica que permita determinar desde el punto de vista de viabilidad y rentabilidad si es posible reemplazar los equipos que se encuentran en etapa de desgaste, con la finalidad de aumentar la productividad de la Sala de Envarillado de Ánodos de C.V.G VENTALUM.

## BIBLIOGRAFÍA

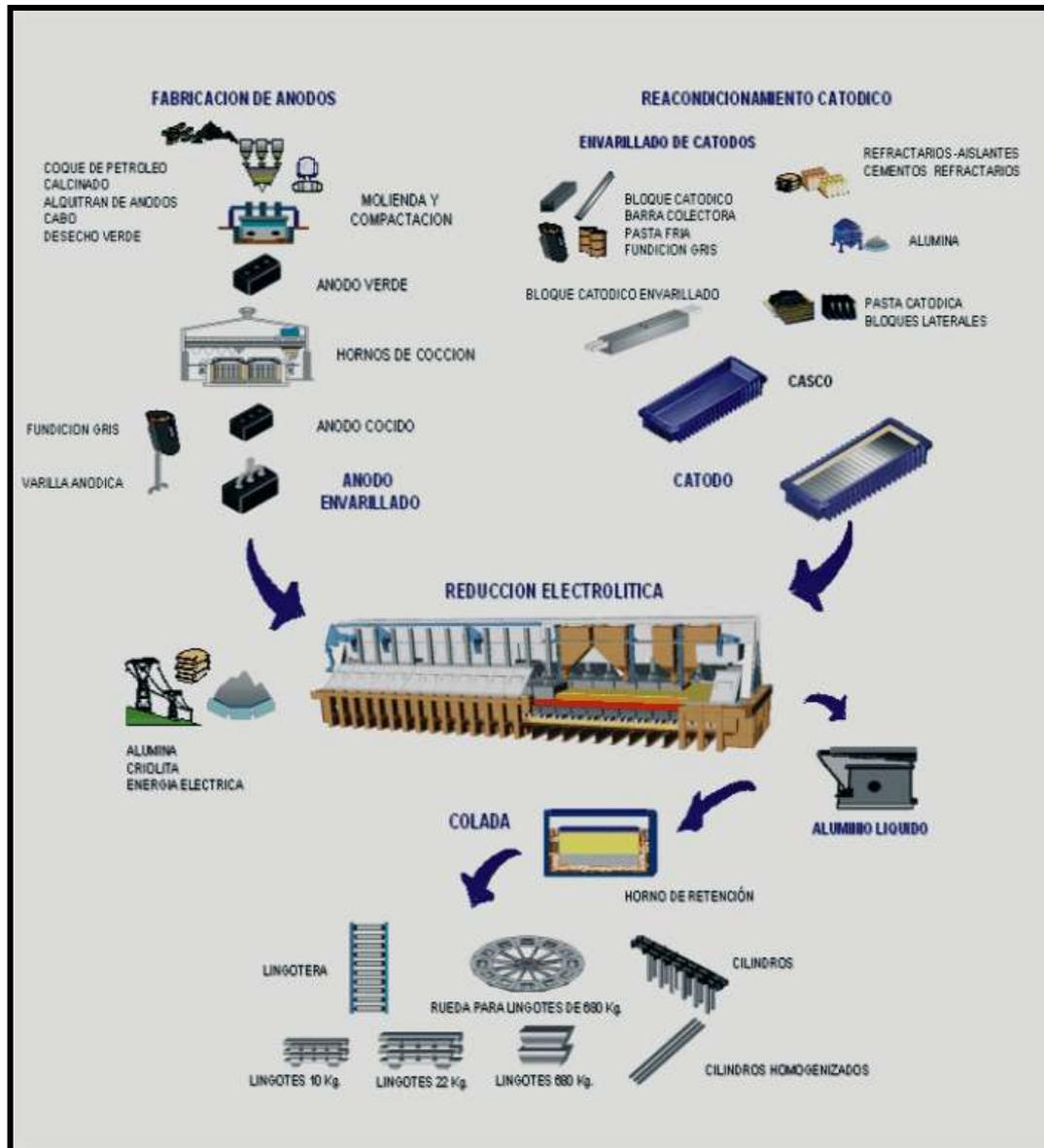
- Burgos, F. (1995) Ingeniería de Métodos: Tomo I (5<sup>ta</sup> edición).Caracas: UNA.
- CVG VENALUM. (1998). **Manual de Inducción.**
- [http:// Venalumi](http://Venalumi). (Intranet, 2007)
- Niebel, B (1990) Ingeniería Industrial: Métodos, Tiempo y Movimientos (3<sup>ra</sup> edición). México: ALFAOMEGA
- Oficina Internacional del Trabajo (OIT) (1990).Introducción al Estudio del Trabajo. Caracas: (OIT).

# ANEXOS

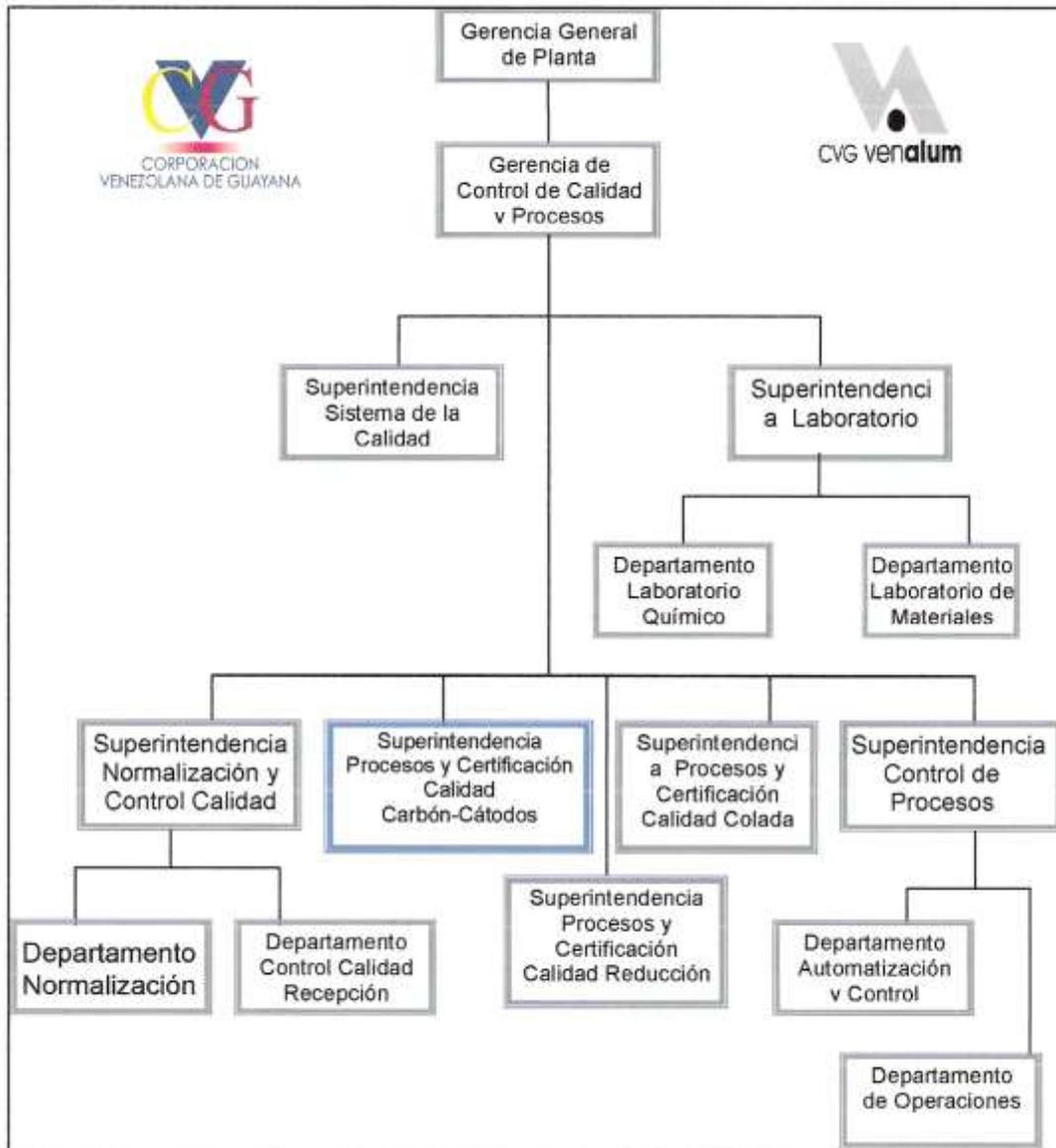
## Anexo 1: Organigrama Estructural de C.V.G VENALUM



## Anexo 2: Proceso productivo de CVG VENALUM.



**Anexo 3: Organigrama de la Gerencia de Control de Calidad y Procesos**



**Anexo 4: Métodos Westinghouse (Calificación de la Velocidad).**

# SISTEMA WESTINGHOUSE

<u>HABILIDAD</u>			<u>ESFUERZO</u>		
+0.15	A1	Extrema	+0.13	A1	Excesivo
+0.13	A2	Extrema	+0.12	A2	Excesivo
+0.11	B1	Excelente	+0.10	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente	+0.08	B2	Excelente
+0.06	C1	Buena	+0.05	C1	Bueno
+0.03	C2	Buena	+0.02	C2	Bueno
0.00	D	Regular	0.00	D	Regular
-0.05	E1	Aceptable	-0.04	E1	Aceptable
-0.10	E2	Aceptable	-0.08	E2	Aceptable
-0.16	F1	Deficiente	-0.12	F1	Deficiente
-0.22	F2	Deficiente	-0.17	F2	Deficiente

<u>CONDICIONES</u>			<u>CONSISTENCIA</u>		
+0.06	A	Ideales	+0.04	A	Perfecta
+0.04	B	Excelentes	+0.03	B	Excelente
+0.02	C	Buenas	+0.01	C	Buena
0.00	D	Regulares	0.00	D	Regular
-0.03	E	Aceptables	-0.02	E	Aceptable
-0.07	F	Deficientes	-0.04	F	Deficiente

---

## Anexo 5: Definiciones Operacionales de los Factores de Fatiga.

### A) CONDICIONES DE TRABAJO:

#### 1) Temperatura:

- GRADO 1:(5 Puntos). Climatización bajo control eléctrico o mecánico.  $20^{\circ}\text{C} < \text{Temperatura} \leq 24^{\circ}\text{C}$
- GRADO 2:(10 Puntos). Temperatura controlada por los requerimientos de la tarea. a) Para trabajos interiores:  $24^{\circ}\text{C} < \text{Temperatura} \leq 28^{\circ}\text{C}$ . b) Para trabajos externos:  $26,5^{\circ}\text{C} < \text{Temperatura} \leq 32^{\circ}\text{C}$ .
- GRADO 3:(15 Puntos). Temperatura controlada por los requerimientos de la tarea. a) Para trabajos interiores:  $26,5^{\circ}\text{C} < \text{Temperatura} \leq 29,5^{\circ}\text{C}$ . b) Para trabajos externos o con circulación de aire:  $32^{\circ}\text{C} < \text{Temperatura} \leq 34,5^{\circ}\text{C}$ .
- GRADO 4:(40 Puntos). a) Ambientes sin circulación de aire:  $\text{Temperatura} \geq 32^{\circ}\text{C}$ . b) Ambientes con circulación normal de aire:  $35^{\circ}\text{C} < \text{Temperatura} \leq 41,5^{\circ}\text{C}$ .

#### 2) Ventilación:

- GRADO 1:(5 Puntos). a) Operaciones normales en exteriores. b) Operaciones en ambientes acondicionados con aire fresco y libre de malos olores.
  - GRADO 2:(10 Puntos). Ambientes de planta o de oficina sin aire acondicionado. Ocasionalmente pueden presentarse malos olores o mala ventilación.
  - GRADO 3:(20 Puntos). Ambientes cerrados y pequeños sin movimiento de aire. Ambientes con polvo y/o humos en forma limitada.
  - GRADO 4:(30 Puntos). Ambientes tóxicos. Mucho Polvo y/o humos no eliminables por extracción de aire.
-

### 3) Humedad:

- GRADO 1:(5 Puntos). Humedad relativa normal, ambientes climatizados. Por lo general hay humedad relativa del 40% al 55%, con temperatura de 21 a 24°C.
- GRADO 2:(10 Puntos).Ambientes secos. Menos del 30% de humedad relativa.
- GRADO 3:(15 Puntos). Alta Humedad. Sensación pegajosa en la piel y ropa humedecida. Humedad relativa del 80%.
- GRADO 4:(20 Puntos). Elevadas condiciones de humedad, tales como trabajo bajo lluvia o en sala de vapor o frigoríficos, que ameritan el uso de ropa especial

### 4) Nivel de ruido:

- GRADO 1:(5 Puntos). Ruido de 30 a 60 decibeles. Característico en oficinas o en ambientes poco ruidosos.
- GRADO 2:(10 Puntos). a) Ruido por debajo de 30 decibeles. Ambientes demasiados tranquilos. b) Ruido alto entre 60 y 90 decibeles, pero de naturaleza constante.
- GRADO 3:(20 Puntos). a) Ruidos agudos por encima de 90 decibeles. b) Ambientes normalmente tranquilos con sonidos intermitentes o ruidos molestos. c) Ruidos por encima de 100 decibeles no intermitentes.
- GRADO 4:(30 Puntos). Ruidos de alta frecuencia u otras características molestas, ya sean intermitentes o constantes.
- 

### 5) Iluminación:

- GRADO 1:(5 Puntos). Luces sin resplandor. Iluminación fluorescente u otra para proveer de 215 a 538 lux para la mayoría de las aplicaciones industriales; y 538 a 1077 lux para oficinas y lugares de inspección.
- GRADO 2:(10 Puntos). Ambientes que requieren iluminación especial o por debajo del estándar. Resplandores ocasionales.

- GRADO 3:(15 Puntos). a) Luz donde el resplandor continuo inherente al trabajo. b) Trabajo que requiere cambios constantes de áreas claras a oscuras con menos de 54 lux.
- GRADO 4:(20 Puntos). Trabajo a tientas, sin luz y/o al tacto. Las características del trabajo imposibilitan u obstruyen la visión.

## **B) REPETITIVIDAD Y ESFUERZO APLICADO**

### 1) Duración del trabajo:

- GRADO 1:(20 Puntos). Operaciones o suboperaciones que pueden completarse en un minuto o menos.
- GRADO 2:(40 Puntos). Operaciones o suboperaciones que pueden completarse en 15 minutos o menos.
- GRADO 3:(60 Puntos). Operaciones o suboperaciones que pueden completarse en una hora o menos.
- GRADO 4:(80 Puntos). Operaciones o suboperaciones que pueden completarse en una hora o más.

### 2) Repetición del ciclo:

- GRADO 1:(20 Puntos). a) Poca posibilidad de monotonía. El trabajador puede programar su propio trabajo o variar su patrón de ejecución. b) Operaciones que varían cada día o donde las suboperaciones no son necesariamente de realización diaria.
- GRADO 2:(40 Puntos). Operaciones de un patrón fijo razonable o donde existen tiempos previstos o previsiones para terminar. La tarea es regular, aunque las operaciones pueden variar de un ciclo a otro.
- GRADO 3:(60 Puntos). Operaciones donde la terminación periódica está programada y su ocurrencia es regular, o donde la terminación del movimiento o los patrones previstos se ejecutan por lo menos 10 veces al día.

- GRADO 4:(80 Puntos). a) Operaciones donde la terminación del movimiento o de los patrones previstos es más de 10 veces al día. b) Operaciones controladas por la máquina con alta monotonía o tedio del operador.

### 3) Esfuerzo Físico:

- GRADO 1:(20 Puntos). a) Esfuerzo manual aplicado más del 15% del tiempo, por encima del 30 kg. b) Esfuerzo manual aplicado entre el 15% y el 40% del tiempo, para pesos entre 12,5 kg Y 30 kg. c) Esfuerzo manual aplicado entre e140% y el 7.0% del tiempo, para pesos entre 2,5 kg Y 12.5 kg. d) Esfuerzo manual aplicado por encima del 70% para pesos superiores a 2,5 kg.
- GRADO 2: (40 Puntos) a) Esfuerzo manual aplicado entre el 15% y el 40% del tiempo por encima de 30 kg. b) Esfuerzo manual aplicado entre el 40%' y el 70% del tiempo, para pesos entre 12,5 kg. Y 30 kg. c) Esfuerzo manual aplicado por encima del 70% para pesos entre 2,5 kg. Y 12,5 kg.
- GRADO 3: (60 Puntos). a) Esfuerzo manual aplicado entre el 40% y el 70% del tiempo, para pesos superiores a 30 kg. d) Esfuerzo manual aplicado por encima del 70% del tiempo para pesos entre 12,5 kg. Y 30 kg.
- GRADO 4: (80 Puntos). Esfuerzo manual aplicado por encima del 70% del tiempo para pesos superiores a 30 kg.

### 4) Esfuerzo Mental o Visual:

- GRADO 1:(10 Puntos). Atención mental o visual aplicada ocasionalmente, debido a que la operación es prácticamente automática o porque la atención del trabajador es requerida a intervalos muy largos.

- GRADO 2:(20 Puntos). Atención mental y visual frecuente donde el trabajo es intermitente, o la operación involucra la espera del trabajador para que la máquina o el proceso completen un ciclo con chequeos espaciados
- GRADO 3:(30 Puntos). Atención mental y visual continuas debido a razones de calidad o de seguridad. Generalmente ocurre en operaciones repetitivas que requieren un estado constante de alerta o de actividad de parte del trabajador.
- GRADO 4:(50 Puntos). a) Atención mental y visual concentrada o intensa en espacios reducidos. b) Realización de trabajos complejos con límites estrechos de exactitud o calidad. c) Operaciones que requieren, la coordinación de gran destreza manual con atención visual estrecha sostenida por largos períodos de tiempo. d) Actividades de inspección pura donde el objetivo fundamental es el chequeo de la calidad.

#### **C) POSICIÓN DEL TRABAJO:**

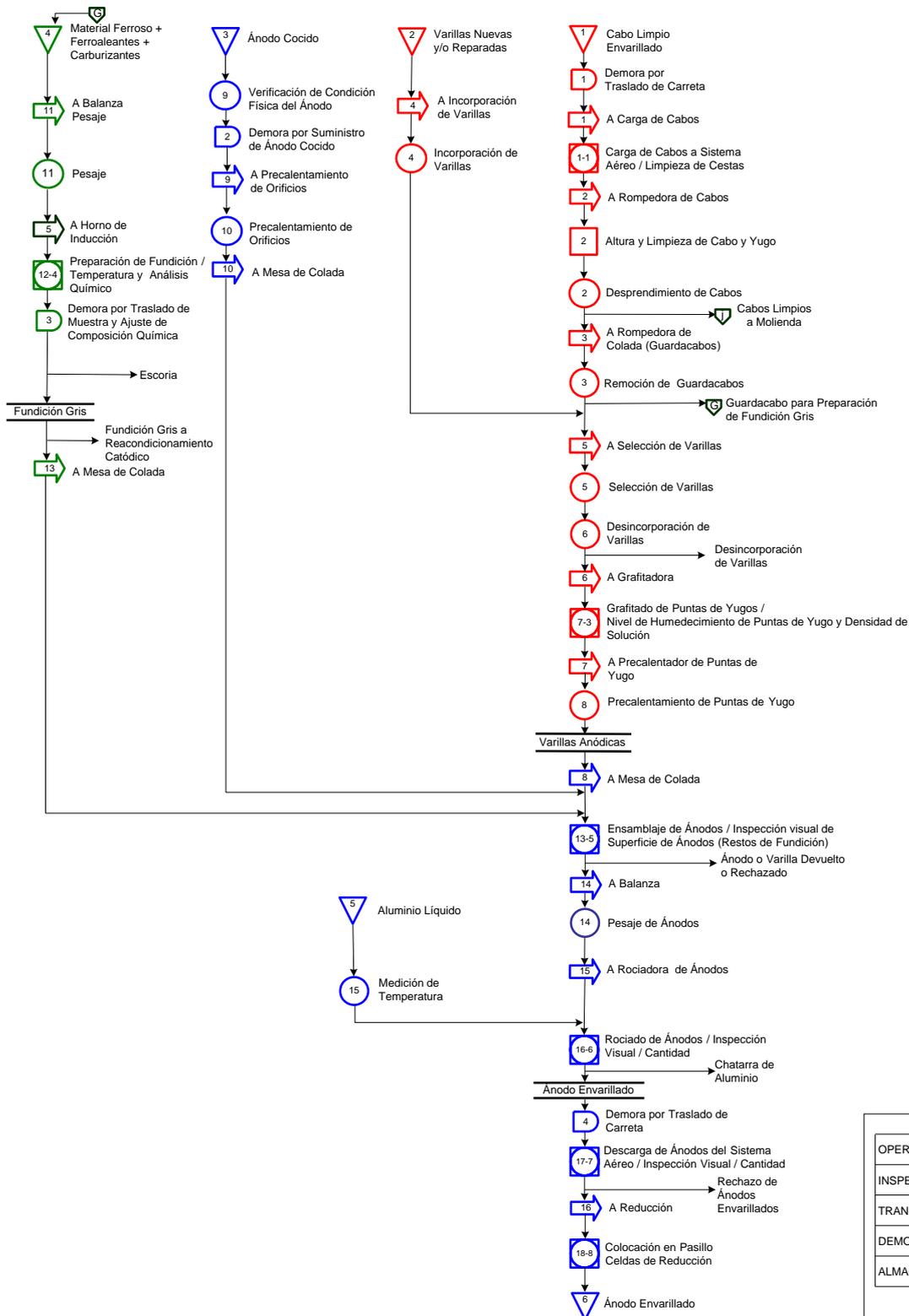
- GRADO 1:(10 Puntos). Realización del trabajo posición sentado o mediante una combinación de sentado, parado y caminando, donde el intervalo entre cambios de posición es inferior a cinco minutos. El sitio de trabajo presenta una altura normal respecto a la posición de la cabeza y los brazos del trabajador.
- GRADO 2:(20 Puntos). a) Realización del trabajo parado o combinado con el caminar y donde se permite que el trabajador se siente sólo en pausas programadas para descansar, b) El sitio de trabajo presenta una disposición fuera del rango normal de trabajo, impidiendo la comodidad de brazos, piernas y cabeza por períodos cortos inferiores a un minuto.
- GRADO 3:(30 Puntos). Operaciones donde el sitio de trabajo o la naturaleza del mismo obliguen a un continuo agacharse o empujarse; o donde el trabajo requiera la extensión de los brazos o de las piernas constantemente.
- GRADO 4:(40 Puntos). Operaciones donde el cuerpo es contraído o extendido por largos períodos de tiempo o donde la atención exige que el cuerpo no se mueva.

## Anexo 6: Hoja de Concesiones por Fatiga

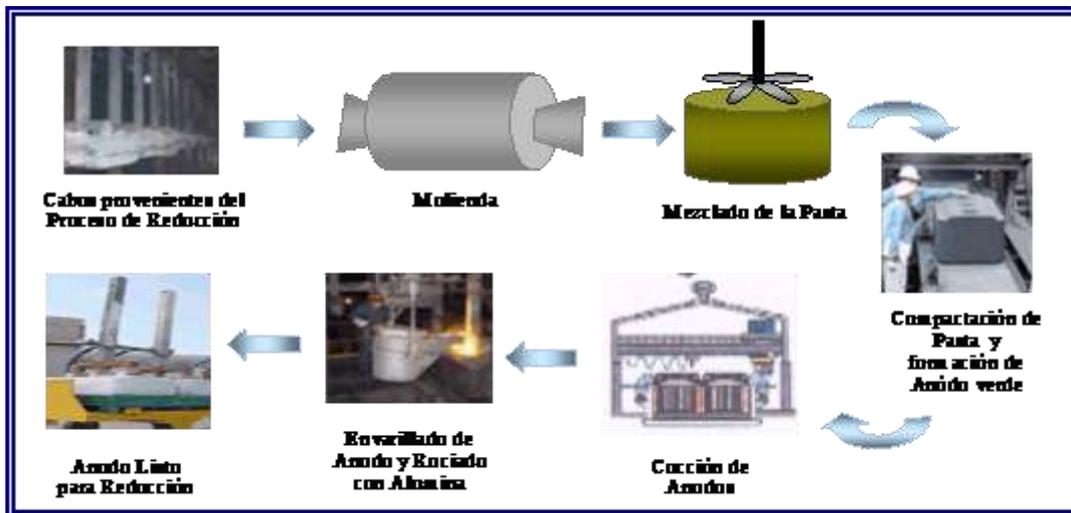
<b>CONCESIONES POR FATIGA</b>	$\text{MINUTOS CONCEDIDOS} = \frac{\% \text{ CONCESION} \times \text{JORNADAS EFECTIVAS}}{1 + \% \text{ CONCESION}}$
-------------------------------	--

CLASE	LIMITES DE CLASE		CONCESION (%) POR FATIGA	JORNADA EFECTIVA (MINUTOS)			
	INFERIOR	SUPERIOR		510	480	450	420
				MINUTOS CONCEDIDOS POR FATIGA			
A1	0	156	1	5	5	4	4
A2	157	163	2	10	10	9	8
A3	164	170	3	15	14	13	12
A4	171	177	4	20	18	17	16
A5	178	184	5	24	23	21	20
B1	185	191	6	29	27	25	24
B2	192	198	7	33	31	29	27
B3	199	205	8	38	36	33	31
B4	206	212	9	42	40	37	35
B5	213	219	10	46	44	41	38
C1	220	226	11	51	48	45	42
C2	227	233	12	55	51	48	45
C3	234	240	13	59	55	52	48
C4	241	247	14	63	59	55	51
C5	248	254	15	67	63	59	55
D1	255	261	16	70	66	62	58
D2	262	268	17	74	70	65	61
D3	269	275	18	78	73	69	64
D4	276	282	19	81	77	72	67
D5	283	289	20	85	80	75	70
E1	290	296	21	89	83	78	73
E2	297	303	22	92	86	81	76
E3	304	310	23	95	90	84	79
E4	311	317	24	99	93	87	81
E5	318	324	25	102	96	90	84
F1	325	331	26	105	99	93	87
F2	332	338	27	108	102	96	89
F3	339	345	28	112	105	98	92
F4	346	349	29	115	108	101	94
F5	350	Y MÀS	30	118	111	104	97

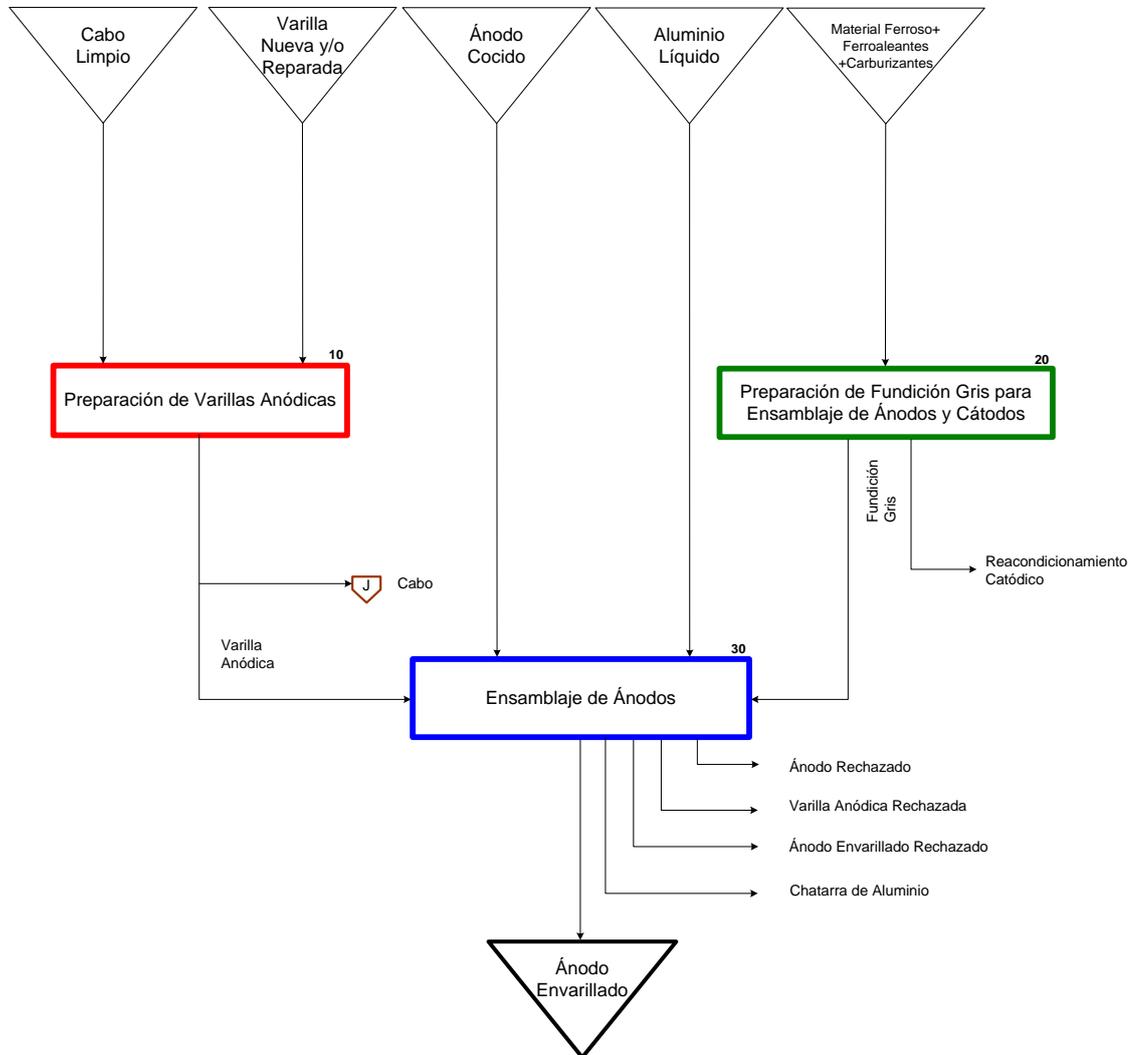
## Anexo 7: Diagrama de Proceso de la Sala de Envarillado de Ánodos de C.V.G VENTALUM



## Anexo 8: Proceso de Producción de Ánodos



## Anexo 9: Diagrama de Línea de Producción de la Sala de Envarillado de Ánodos de C.V.G VENTALUM



## Anexo 10: Tiempos de la Rompedora de Cabos de la Sala de Envarillado de Ánodos de C.V.G VENALUM

### ESTUDIO DE TIEMPOS: CICLO BREVE

DEPTO.: <u>Envarillado de Ánodos de C.V.G. VENALUM</u> SECCIÓN: <u>Control de Calidad y Procesos</u>		ESTUDIO núm. : <u>1</u> HOJA núm. : <u>1/1</u>	
OPERACIÓN: <u>Desprendimiento de Cabos</u> Estudio de métodos núm. : <u>1</u> INSTALACIÓN / MÁQUINA: <u>Rompedora de Cabos</u> Núm. : _____ HERRAMIENTAS Y CALIBRADORES: _____		COMIENZO: _____ TIEMPO TRANSC.: _____ OPERARIO: _____ FICHA: _____	
PRODUCTO / PIEZA: Núm. : _____ PLANO Núm. : _____ MATERIAL: _____ CALIDAD: _____ CONDICIONES TRABAJO: <u>Aceptables</u>		OBSERVADO POR: _____ FECHA: _____ COMPROBADO: _____	

ELEMENTO	Tiempos Observados (Ciclos)																								ΣT	$TPS = \frac{\sum T}{n}$	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
Rompe Cabos 1 L-1	T	22	24	23	24	21	25	26	23	24	21	24	23	24	22	26	25	22	25	25	23	24	25	26	24	571,00	23,79
	L																										
Rompe Cabos 1 L-2	T	59	59	57	59	59	60	59	60	59	57	59	57	59	60	59	57	59	59	60	59	57	60	59	59	1411,00	58,79
	L																										
Rompe Cabos 2 L-2	T	45	48	50	49	48	49	47	48	48	49	47	49	50	49	49	48	49	50	49	49	48	47	48	48	1161,00	48,38
	L																										

**Nota:** Los tiempos están en segundos.

## Anexo 11: Tiempos de la Rompedora de Coladas de la Sala de Envarillado de Ánodos de C.V.G VENTALUM

### ESTUDIO DE TIEMPOS: CICLO BREVE

DEPTO.: <u>Envarillado de Ánodos de C.V.G. VENTALUM</u> SECCIÓN: <u>Control de Calidad y Procesos</u>																		ESTUDIO núm. : <u>1</u>			
OPERACIÓN: <u>Desprendimiento de Colada</u> Estudio de métodos núm. : <u>1</u>																		HOJA núm. : <u>1/1</u>			
INSTALACIÓN / MÁQUINA: <u>Rompedora de Coladas</u> Núm. : _____																		COMIENZO: _____			
HERRAMIENTAS Y CALIBRADORES: _____																		TIEMPO TRANSC.: _____			
PRODUCTO / PIEZA: Núm. : _____																		OPERARIO: _____			
PLANO Núm. : _____ MATERIAL: _____																		FICHA: _____			
CALIDAD: _____ CONDICIONES TRABAJO: <u>Aceptables</u>																		OBSERVADO POR: _____			
																		FECHA: _____			
																		COMPROBADO: _____			

ELEMENTO	Tiempos Observados (Ciclos)																								ΣT	TPS = $\frac{\sum T}{n}$	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
<b>Rompe Colada 1 L-1 (Manual)</b> 7:30 am	T	38	26	46	45	35	34	50	27	38	40	41	38	34	27	34	38	18	31	55	20	13	18	39	24	809.00	33,71
	L																										
<b>Rompe Colada 1 L-2 (Máquina)</b>	T	62	61	61	60	61	61	62	62	62	61	62	62	61	62	62	61	62	61	61	62	62	60	61	62	1474,00	61,42
	L																										

**Nota:** Los tiempos están en segundos.

## Anexo 12: Tiempos de la Mesa de Colada de la Sala de Envarillado de Ánodos de C.V.G VENALUM

### ESTUDIO DE TIEMPOS: CICLO BREVE

DEPTO.: <u>Envarillado de Ánodos de C.V.G. VENALUM</u> SECCIÓN: <u>Control de Calidad y Procesos</u>		ESTUDIO núm. : <u>1</u>	
OPERACIÓN: <u>Ensamblaje de Ánodos</u> Estudio de métodos núm. : <u>1</u>		HOJA núm. : <u>1/1</u>	
INSTALACIÓN / MÁQUINA: <u>Mesa de Coladas</u> Núm. : _____		COMIENZO: _____	
HERRAMIENTAS Y CALIBRADORES: _____		TIEMPO TRANSC.: _____	
PRODUCTO / PIEZA: Núm. : _____		OPERARIO: _____	
PLANO Núm. : _____ MATERIAL: _____		FICHA: _____	
CALIDAD: _____ CONDICIONES TRABAJO: <u>Regulares</u>		OBSERVADO POR: _____	
		FECHA: _____	
		COMPROBADO: _____	

ELEMENTO		Tiempos Observados (Ciclos)																								ΣT	TPS = $\frac{\sum T}{n}$
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
Mesa de Colada 1 L-1 (Manual)	T	36	42	42	44	43	42	44	43	43	40	31	40	43	40	42	43	43	44	42	42	41	34	42	44	990.00	41,25
	L																										
Mesa de Colada 1 L-2 (Máquina)	T	62	65	70	63	67	69	70	62	70	70	72	65	63	62	64	62	64	60	64	62	64	66	62	64	1562.00	65,08
	L																										
Mesa de Colada 2 L-2 (Máquina)	T	62	64	68	66	68	70	70	70	66	69	64	69	62	64	70	62	66	66	65	70	64	68	69	65	1597.00	66,54
	L																										

Nota: Los tiempos están en segundos.

## Anexo 13: Tiempos de los Hornos de Inducción de la Sala de Envarillado de Ánodos de C.V.G VENTALUM

### ESTUDIO DE TIEMPOS: CICLO BREVE

DEPTO.: <u>Envarillado de Ánodos de C.V.G. VENTALUM</u> SECCIÓN: <u>Control de Calidad y Procesos</u>	ESTUDIO núm. : <u>1</u>
OPERACIÓN: <u>Preparación de Fundición Gris</u> Estudio de métodos núm. : <u>1</u>	HOJA núm. : <u>1/1</u>
INSTALACIÓN / MÁQUINA: <u>Hornos de Inducción</u> Núm. : _____	COMIENZO: _____
HERRAMIENTAS Y CALIBRADORES: _____	TIEMPO TRANSC.: _____
PRODUCTO / PIEZA: Núm. : _____	OPERARIO: _____
PLANO Núm. : _____ MATERIAL: _____	FICHA: _____
CALIDAD: _____ CONDICIONES TRABAJO: <u>Regulares</u>	OBSERVADO POR: _____
	FECHA: _____
	COMPROBADO: _____

ELEMENTO		Tiempos Observados (Ciclos)														
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
		HORNO 1					HORNO 2					HIORNO 3				
CARGA DEL HORNO	T	4,00	4,26	4,20	4,18	4,33	4,33	4,15	4,24	4,20	4,30	4,25	4,23	4,30	4,10	4,15
	L															
FUNDICIÓN GRIS	T	45,00	47,00	45,00	48,00	45,00	62,00	65,00	68,00	65,00	64,00	69,00	65,00	67,00	66,00	68,00
	L															
DESCARGA DEL HORNO	T	3,53	2,40	2,25	3,20	3,30	2,18	2,15	2,20	2,10	2,13	2,10	2,17	2,15	2,19	2,20
	L															

**Nota:** Los tiempos están en minutos.

## Anexo 14: Cálculo del Tiempo Normal

El cálculo del tiempo normal viene dado por la formula:

$$TN = TPS \times Cv$$

Donde:

TPS: tiempo promedio seleccionado

Cv: calificación de velocidad del operario

Para la realización de este cálculo es necesario determinar primero el TPS (Ver anexo 10, 11, 12 y 13) y el Cv como se muestra a continuación:

### Cálculo de la Calificación de la Velocidad del Operario (Cv)

Basándonos en la tabla de sistema Westinghouse (ver anexo 4), se estableció que:

#### ➤ Rompedora de Cabos 1 de Línea I

**TABLA 20. Factor de Calificación de la Velocidad de la Rompedora de Cabos 1 de Línea I**

FACTOR	NIVEL	CALIFICACIÓN	JUSTIFICACIÓN
Habilidad	Buena C1	+0,06	El método es fácil de seguir. El proceso es sencillo y requiere de cierta habilidad.
Esfuerzo	Regular D	+0,00	El trabajador requiere de poco esfuerzo, debido a que el trabajo lo realiza la máquina, por ende el operario solo debe manejar la máquina y realizar esfuerzo en determinados momentos.
Condiciones de Trabajo	Aceptables E	-0,03	El operario se encuentra afectado por cierto nivel de ruido y la temperatura es una de las condiciones que mas afectan, se considero también la ventilación y la iluminación.
Consistencia	Buena C	+0,01	Los valores se repiten de forma relativamente constante a medida que la operación se va ejecutando.

Sumando las calificaciones algebraicamente se obtuvo que:  $C = + 0,04$   
 por lo tanto  $Cv = 1 \pm C \Rightarrow Cv = 1 + 0,04 \Rightarrow Cv = 1,04$

Este valor indica que el operario estudiado se encuentra trabajando un 4% superior a la eficiencia del trabajador promedio.

Con estos datos se obtiene el tiempo normal para el equipo en estudio, como se muestra a continuación

$$TN = 37,88 \times 1,04 \Rightarrow TN = 39,39 \text{ Segundos ó } 0,65 \text{ minutos}$$

➤ **Rompedora de Coladas de Línea I**

**TABLA 21. Factor de Calificación de la Velocidad de la Rompedora de Coladas de Línea I**

FACTOR	NIVEL	CALIFICACIÓN	JUSTIFICACIÓN
Habilidad	Buena C1	+0,06	El método es fácil de seguir. El proceso es sencillo y requiere de buena habilidad.
Esfuerzo	Excesivo A1	+0,13	El trabajador un esfuerzo considerable, debido a que el trabajo se realiza manualmente, por ende el operario se fatiga, ya que realiza mucho esfuerzo para desprender los Guardacabos de la varilla.
Condiciones de Trabajo	Aceptables E	-0,03	El operario se encuentra afectado por un nivel de ruido y temperatura considerable, se considero también la ventilación y la iluminación.
Consistencia	Regular D	+0,00	Los valores no se repiten de forma constante, debido a que las operaciones dependen de la dureza de los Guardacabos.

Sumando las calificaciones algebraicamente se obtuvo que:  $C = + 0,16$   
 por lo tanto  $Cv = 1 \pm C \Rightarrow Cv = 1 + 0,16 \Rightarrow Cv = 1,16$

Este valor indica que el operario estudiado se encuentra trabajando un 16% superior a la eficiencia del trabajador promedio.

Con estos datos se obtiene el tiempo normal para el equipo en estudio, como se muestra a continuación

$$TN = 33,71 \times 1,16 \Rightarrow TN = 39,10 \text{ Segundos ó } 0,65 \text{ minutos}$$

➤ **Mesa de Colada de Línea I**

**TABLA 22. Factor de Calificación de la Velocidad de la Mesa de Colada de Línea I**

FACTOR	NIVEL	CALIFICACIÓN	JUSTIFICACIÓN
Habilidad	Excelente B2	+0,08	El método es fácil de seguir. El proceso es sencillo y requiere de buena habilidad para realizar las operaciones.
Esfuerzo	Aceptable E1	-0,04	El trabajador realiza cierto esfuerzo, debido a que el trabajo se hace de forma manual, por ende el operario debe poseer fuerza para manejar el crisol y vaciar por medio de este la fundición en los orificios del ánodo
Condiciones de Trabajo	Deficientes F	-0,07	El operario se encuentra afectado por un nivel de ruido considerable y altas temperaturas es una de las condiciones que mas afectan, también se considero la ventilación y la iluminación.
Consistencia	Buena C	+0,01	Los valores se repiten de forma relativamente constante a medida que la operación se va ejecutando.

Sumando las calificaciones algebraicamente se obtuvo que:  $C = -0,02$  por lo tanto  $C_v = 1 \pm C \Rightarrow C_v = 1 - 0,02 \Rightarrow C_v = 0,98$

Este valor indica que el operario estudiado se encuentra trabajando un 2% inferior a la eficiencia del trabajador promedio, debido a las condiciones de trabajo.

Con estos datos se obtiene el tiempo normal para el equipo en estudio, como se muestra a continuación

$$TN = 41,25 \times 0,98 \Rightarrow TN = 40,42 \text{ Segundos ó } 0,67 \text{ minutos}$$

➤ **Rompedora de Cabos 1 de Línea II**

**TABLA 23. Factor de Calificación de la Velocidad de la Rompedora de Cabos 1 de Línea II**

FACTOR	NIVEL	CALIFICACIÓN	JUSTIFICACIÓN
Habilidad	Buena C1	+0,06	El método es fácil de seguir. El proceso es sencillo y requiere de cierta habilidad.
Esfuerzo	Regular D	+0,00	El trabajador requiere de poco esfuerzo, debido a que el trabajo lo realiza la máquina, por ende el operario solo debe manejar la máquina y realizar esfuerzo en determinados momentos.
Condiciones de Trabajo	Aceptables E	-0,03	El operario se encuentra afectado por cierto nivel de ruido y la temperatura es una de las condiciones que mas afectan, se considero la ventilación y la iluminación.
Consistencia	Buena C	+0,01	Los valores se repiten de forma relativamente constante a medida que la operación se va ejecutando.

Sumando las calificaciones algebraicamente se obtuvo que:  $C = + 0,04$   
 por lo tanto  $C_v = 1 \pm C \Rightarrow C_v = 1 + 0,04 \Rightarrow C_v = 1,04$

Este valor indica que el operario estudiado se encuentra trabajando un 4% superior a la eficiencia del trabajador promedio.

Con estos datos se obtiene el tiempo normal para el equipo en estudio, como se muestra a continuación

$$TN = 58,79 \times 1,04 \Rightarrow TN = 61,11 \text{ Segundos ó } 1,01 \text{ minutos}$$

➤ **Rompedora de Cabos 2 de Línea II**

**TABLA 24. Factor de Calificación de la Velocidad de la Rompedora de Cabos 2 de Línea II**

FACTOR	NIVEL	CALIFICACIÓN	JUSTIFICACIÓN
Habilidad	Buena C1	+0,06	El método es fácil de seguir. El proceso es sencillo y requiere de cierta habilidad.
Esfuerzo	Regular D	+0,00	El trabajador requiere de poco esfuerzo, debido a que el trabajo lo realiza la máquina, por ende el operario solo debe manejar la máquina y realizar esfuerzo en determinados momentos.
Condiciones de Trabajo	Aceptables E	-0,03	El operario se encuentra afectado por cierto nivel de ruido y la temperatura es una de las condiciones que mas afectan, se considero la ventilación y la iluminación.
Consistencia	Buena C	+0,01	Los valores se repiten de forma relativamente constante a medida que la operación se va ejecutando.

Sumando las calificaciones algebraicamente se obtuvo que:  $C = + 0,04$   
 por lo tanto  $C_v = 1 \pm C \Rightarrow C_v = 1 - 0,04 \Rightarrow C_v = 1,04$

Este valor indica que el operario estudiado se encuentra trabajando un 4% superior a la eficiencia del trabajador promedio.

Con estos datos se obtiene el tiempo normal para el equipo en estudio, como se muestra a continuación

$$TN = 48,38 \times 1,04 \Rightarrow TN = 50,30 \text{ Segundos ó } 0,83 \text{ minutos}$$

➤ **Mesa de Colada 1 de Línea II**

**TABLA 25. Factor de Calificación de la Velocidad de la Mesa de Colada 1 de Línea II**

FACTOR	NIVEL	CALIFICACIÓN	JUSTIFICACIÓN
Habilidad	Excelente B2	+0,08	El método es fácil de seguir. El proceso es sencillo y requiere de buena habilidad para realizar las operaciones.
Esfuerzo	Regular D	0,00	El trabajador requiere de poco esfuerzo, debido a que el trabajo lo realiza la máquina, por ende el operario solo debe manejar la máquina y realizar esfuerzo en determinados momentos.
Condiciones de Trabajo	Regular D	0,00	El operario se encuentra afectado por un nivel de ruido considerable y altas temperaturas es una de las condiciones que mas afectan, también se considero la ventilación y la iluminación.
Consistencia	Buena C	+0,01	Los valores se repiten de forma relativamente constante a medida que la operación se va ejecutando.

Sumando las calificaciones algebraicamente se obtuvo que:  $C = + 0,09$   
 por lo tanto  $C_v = 1 \pm C \Rightarrow C_v = 1 + 0,09 \Rightarrow C_v = 1,09$

Este valor indica que el operario estudiado se encuentra trabajando un 9% superior a la eficiencia del trabajador promedio, debido a las condiciones de trabajo.

Con estos datos se obtiene el tiempo normal para el equipo en estudio, como se muestra a continuación

$$TN = 65,08 \times 1,09 \Rightarrow TN = 70,93 \text{ Segundos ó } 1,18 \text{ minutos}$$

➤ **Mesa de Colada 2 de Línea II**

**TABLA 26. Factor de Calificación de la Velocidad de la Mesa de Colada 2 de Línea II**

FACTOR	NIVEL	CALIFICACIÓN	JUSTIFICACIÓN
Habilidad	Excelente B2	+0,08	El método es fácil de seguir. El proceso es sencillo y requiere de buena habilidad para realizar las operaciones.
Esfuerzo	Regular D	0,00	El trabajador requiere de poco esfuerzo, debido a que el trabajo lo realiza la máquina, por ende el operario solo debe manejar la máquina y realizar esfuerzo en determinados momentos.
Condiciones de Trabajo	Regular D	0,00	El operario se encuentra afectado por un nivel de ruido considerable y altas temperaturas es una de las condiciones que mas afectan, también se considero la ventilación y la iluminación.
Consistencia	Buena C	+0,01	Los valores se repiten de forma relativamente constante a medida que la operación se va ejecutando.

Sumando las calificaciones algebraicamente se obtuvo que:  $C = + 0,09$   
 por lo tanto  $C_v = 1 \pm C \Rightarrow C_v = 1 + 0,09 \Rightarrow C_v = 1,09$

Este valor indica que el operario estudiado se encuentra trabajando un 9% superior a la eficiencia del trabajador promedio, debido a las condiciones de trabajo.

Con estos datos se obtiene el tiempo normal para el equipo en estudio, como se muestra a continuación

$$TN = 66,54 \times 1,09 \Rightarrow TN = 72,52 \text{ Segundos ó } 1,20 \text{ minutos}$$

➤ **Rompedora de Colada de Línea II**

**TABLA 27. Factor de Calificación de la Velocidad de la Rompedora de Coladas de Línea II**

FACTOR	NIVEL	CALIFICACIÓN	JUSTIFICACIÓN
Habilidad	Buena C1	+0,06	El método es fácil de seguir. El proceso es sencillo y requiere de cierta habilidad.
Esfuerzo	Regular D	+0,00	El trabajador requiere de poco esfuerzo, debido a que el trabajo lo realiza la máquina, por ende el operario solo debe manejar la máquina y realizar esfuerzo en determinados momentos.
Condiciones de Trabajo	Aceptables E	-0,03	El operario se encuentra afectado por cierto nivel de ruido y la temperatura es una de las condiciones que mas afectan, se considero la ventilación y la iluminación.
Consistencia	Buena C	+0,01	Los valores se repiten de forma relativamente constante a medida que la operación se va ejecutando.

Sumando las calificaciones algebraicamente se obtuvo que:  $C = + 0,04$   
 por lo tanto  $C_v = 1 \pm C \Rightarrow C_v = 1 - 0,04 \Rightarrow C_v = 1,04$

Este valor indica que el operario estudiado se encuentra trabajando un 4% superior a la eficiencia del trabajador promedio.

Con estos datos se obtiene el tiempo normal para el equipo en estudio, como se muestra a continuación

$$TN = 61,42 \times 1,04 \Rightarrow TN = 63,87 \text{ Segundos ó } 1,06 \text{ minutos}$$

## Anexo 15: Cálculo de la Fatiga

Para la determinación de la fatiga se utiliza el método sistemático, el cual provee una tabla, a través de la cual se especifican las condiciones que alteran al operario durante la jornada de trabajo (ver Anexo 5 y 6)

Es importante resaltar que las tolerancias variables deben estar normalizadas, es decir deben estar en función del TN (tiempo normal), dichas tolerancias son: las necesidades personales y la fatiga.

### ➤ Rompedora de Cabos 1 de Línea I

**TABLA 28. Factor de Calificación de la Velocidad de la Rompedora de Cabos 1 de Línea I**

FACTOR	GRADO	PUNTOS	JUSTIFICACIÓN
Temperatura	4	40	Ambientes sin circulación de aire: temperatura $\geq 32^{\circ}\text{C}$ . Ambientes con circulación normal de aire: $35^{\circ}\text{C} < \text{Temperatura} \leq 34,5^{\circ}\text{C}$
Ventilación	4	30	Se muestra un ambiente de planta, sin aire acondicionado. Ambientes con mucho polvo y/o humos. Ambientes tóxicos.
Humedad	2	10	El Ambiente es relativamente seco. Menos del 30% de humedad relativa.
Nivel de Ruido	4	30	Se presentan ruidos con alta frecuencia, los cuales pueden ser intermitente o constantes.
Iluminación	1	5	Se considera óptima para realizar cualquier operación, las luces no presentan resplandor y se utiliza iluminación fluorescente.
Duración del Trabajo	1	20	Operación o suboperación la cual se puede completar en 1 minuto o menos.
Repetición del Ciclo	3	80	El trabajador opera según los patrones previstos más de 10 veces por día.
Esfuerzo Físico	1	20	Esfuerzo manual aplicado más del 15% y el 40% del tiempo, para pesos entre 12,5 Kg y 30 Kg.
Esfuerzo Mental o visual	2	20	El operario tiene una atención visual o mental ocasionalmente, debido a que la operación es prácticamente automática.
Posición del trabajo	1	10	El operario realiza el trabajo de pie o mediante una combinación de sentado, parado y caminando.

De la tabla anterior se obtuvo que el total de puntos, fue de 265 haciendo uso de la tabla de concesiones por fatiga (ver anexo 6), obtuvieron los siguientes datos:

- Límite de clases: 262 - 268
- Clase: D2
- Concesión por fatiga: 17%
- Minutos concedidos por razones de Fatiga 70 minutos.

Cabe destacar que la empresa tiene establecida una jornada de trabajo de 7:00am – 12:00pm y de 1:00pm – 4:00pm lo que representa un total de 8 horas/diarias de trabajo, que equivalen a 480 minutos/diarios. Por otra parte, también es importante resaltar que C.V.G VENTALUM, otorga 60 minutos para almorzar y 20 minutos para necesidades personales (NP).

Haciendo uso de los datos antes mencionados se procede a calcular la jornada efectiva de trabajo (JET).

$$JET = JT - (\text{Almuerzo})$$

$$JET = 480\text{min} - (60 \text{ min})$$

$$JET = 420 \text{ min.} = 25200 \text{ seg.}$$

Para el cálculo del tiempo estándar las tolerancias variables deben estar en función del tiempo normal, para realizar dicha normalización se utiliza la siguiente formula:

$$\begin{array}{ccc} JET - (NP + Fatiga) & \longrightarrow & (NP + Fatiga) \\ TN & \longrightarrow & X \end{array}$$

Cálculo de las tolerancias para la Rompe Cabos:

$$420 \text{ min} - (20 + 70) \longrightarrow (20 + 70)$$

$$0,65 \text{ min} \longrightarrow X$$

$X = \text{Tolerancia} = 0,17 \text{ min}$

Una vez obtenidos todos los datos necesarios para calcular el tiempo estándar, se procedemos a calcular su valor.

$$TE = TN + \Sigma Tol$$

$$TE = 0,65 \text{ min} + 0,17$$

$TE = 0,82 \text{ min}$

El tiempo estándar total de la operación de romper un cabo por la máquina es de 0,82 minutos.

### ➤ Rompedora de Coladas de Línea I

**TABLA 29. Factor de Calificación de la Velocidad de la Rompedora de Colada de Línea I**

FACTOR	GRADO	PUNTOS	JUSTIFICACIÓN
Temperatura	4	40	Ambientes sin circulación de aire: temperatura $\geq 32^{\circ}\text{C}$ . Ambientes con circulación normal de aire: $35^{\circ}\text{C} <$ Temperatura $\leq 34,5^{\circ}\text{C}$
Ventilación	4	30	Se muestra un ambiente de planta, sin aire acondicionado. Ambientes con mucho polvo y/o humos. Ambientes tóxicos.
Humedad	2	10	El Ambiente es relativamente seco. Menos del 30% de humedad relativa.
Nivel de Ruido	4	30	Se presentan ruidos con alta frecuencia, los cuales pueden ser intermitente o constantes.
Iluminación	1	5	Se considera óptima para realizar cualquier operación, las luces no presentan resplandor y se utiliza iluminación fluorescente.
Duración del Trabajo	1	20	Operación o suboperación la cual se puede completar en 1 minuto o menos.

Repetición del Ciclo	3	80	El trabajador opera según los patrones previstos más de 10 veces por día.
Esfuerzo Físico	1	20	Esfuerzo manual aplicado más del 15% y el 40% del tiempo, para pesos entre 12,5 Kg y 30 Kg.
Esfuerzo Mental o visual	3	30	El operario tiene una atención visual o mental continuas, debido a razones de seguridad; ya que la actividad es realizada de forma manual por el operario.
Posición del trabajo	2	20	El operario realiza el trabajo de pie, impidiendo la comodidad de brazos, piernas y cabeza por períodos cortos inferiores a un minuto.

De la tabla anterior se obtuvo que el total de puntos, fue de 285 haciendo uso de la tabla de concesiones por fatiga (ver anexo 6), obtuvieron los siguientes datos:

- Límite de clases: 283 - 289
- Clase: D5
- Concesión por fatiga: 20%
- Minutos concedidos por razones de Fatiga 80 minutos.

Cabe destacar que la empresa tiene establecida una jornada de trabajo de 7:00am – 12:00pm y de 1:00pm – 4:00pm lo que representa un total de 8 horas/diarias de trabajo, que equivalen a 480 minutos/diarios. Por otra parte, también es importante resaltar que C.V.G VENALUM, otorga 60 minutos para almorzar y 20 minutos para necesidades personales (NP).

Haciendo uso de los datos antes mencionados se procede a calcular la jornada efectiva de trabajo (JET).

$$JET = JT - (\text{Almuerzo})$$

$$JET = 480\text{min} - (60 \text{ min})$$

$$JET = 420 \text{ min.} = 25200 \text{ seg.}$$

Para el cálculo del tiempo estándar las tolerancias variables deben estar en función del tiempo normal, para realizar dicha normalización se utiliza la siguiente formula:

$$\text{JET} - (\text{NP} + \text{Fatiga}) \longrightarrow (\text{NP} + \text{Fatiga})$$

$$\text{TN} \longrightarrow X$$

Cálculo de las tolerancias para la Rompe Colada Manual:

$$420 \text{ min} - (20 + 80) \longrightarrow (20 + 80)$$

$$0,65 \text{ min} \longrightarrow X$$

X= Tolerancia = 0,20 min
--------------------------

Una vez obtenidos todos los datos necesarios para calcular el tiempo estándar, se procedemos a calcular su valor.

$$\text{TE} = \text{TN} + \Sigma \text{Tol}$$

$$\text{TE} = 0,65 \text{ min} + 0,20$$

TE = 0,85 min
---------------

El tiempo estándar total de la operación de romper una colada por es de 0,85 minutos.

### ➤ Mesa de Colada de Línea I

**TABLA 30. Factor de Calificación de la Velocidad de la Mesa de Colada de Línea I**

FACTOR	GRADO	PUNTOS	JUSTIFICACIÓN
Temperatura	4	40	Ambientes sin circulación de aire: temperatura $\geq 32^{\circ}\text{C}$ . Ambientes con circulación normal de aire: $35^{\circ}\text{C} < \text{Temperatura} \leq 34,5^{\circ}\text{C}$
Ventilación	4	30	Se muestra un ambiente de planta, sin aire acondicionado. Ambientes con mucho polvo y/o humos. Ambientes tóxicos.
Humedad	2	10	El Ambiente es relativamente seco. Menos del 30% de humedad relativa.
Nivel de Ruido	4	30	Se presentan ruidos con alta frecuencia, los cuales pueden ser intermitente o constantes.
Iluminación	1	5	Se considera óptima para realizar cualquier operación, las luces no presentan resplandor y se utiliza iluminación fluorescente.
Duración del Trabajo	1	20	Operación o suboperación la cual se puede completar en 1 minuto o menos.

Repetición del Ciclo	3	80	El trabajador opera según los patrones previstos más de 10 veces por día.
Esfuerzo Físico	1	20	Esfuerzo manual aplicado entre del 40% y el 70% del tiempo, para pesos entre 2,5 Kg y 12,5 Kg.
Esfuerzo Mental o visual	3	30	El operario tiene una atención visual o mental continuas, debido a razones de seguridad; ya que la actividad es realizada de forma manual por el operario.
Posición del trabajo	2	20	El operario realiza el trabajo de pie, impidiendo la comodidad de brazos, piernas y cabeza por períodos cortos inferiores a un minuto.

De la tabla anterior se obtuvo que el total de puntos, fue de 285 haciendo uso de la tabla de concesiones por fatiga (ver anexo 6), obtuvieron los siguientes datos:

- Límite de clases: 283 - 289
- Clase: D5
- Concesión por fatiga: 20%
- Minutos concedidos por razones de Fatiga 80 minutos.

Cabe destacar que la empresa tiene establecida una jornada de trabajo de 7:00am – 12:00pm y de 1:00pm – 4:00pm lo que representa un total de 8 horas/diarias de trabajo, que equivalen a 480 minutos/diarios. Por otra parte, también es importante resaltar que C.V.G VENALUM, otorga 60 minutos para almorzar y 20 minutos para necesidades personales (NP).

Haciendo uso de los datos antes mencionados se procede a calcular la jornada efectiva de trabajo (JET).

$$JET = JT - (\text{Almuerzo})$$

$$JET = 480\text{min} - (60 \text{ min})$$

$$JET = 420 \text{ min.} = 25200 \text{ seg.}$$

Para el cálculo del tiempo estándar las tolerancias variables deben estar en función del tiempo normal, para realizar dicha normalización se utiliza la siguiente formula:

$$\begin{aligned} \text{JET} - (\text{NP} + \text{Fatiga}) &\longrightarrow (\text{NP} + \text{Fatiga}) \\ \text{TN} &\longrightarrow X \end{aligned}$$

Cálculo de las tolerancias para la Mesa de Colada Manual:

$$\begin{aligned} 420 \text{ min} - (20 + 80) &\longrightarrow (20 + 80) \\ 0,67 \text{ min} &\longrightarrow X \end{aligned}$$

X= Tolerancia = 0,20 min
--------------------------

Una vez obtenidos todos los datos necesarios para calcular el tiempo estándar, se procedemos a calcular su valor.

$$\text{TE} = \text{TN} + \Sigma \text{Tol}$$

$$\text{TE} = 0,67 \text{ min} + 0,20$$

TE = 0,87 min
---------------

El tiempo estándar total de la operación de ensamblar un ánodo es de 0,87 minutos.

### ➤ Rompedora de Cabos 1 de Línea II

**TABLA 31. Factor de Calificación de la Velocidad de la Rompedora de Cabos 1 de Línea II**

FACTOR	GRADO	PUNTOS	JUSTIFICACIÓN
Temperatura	4	40	Ambientes sin circulación de aire: temperatura $\geq 32^{\circ}\text{C}$ . Ambientes con circulación normal de aire: $35^{\circ}\text{C} < \text{Temperatura} \leq 34,5^{\circ}\text{C}$
Ventilación	4	30	Se muestra un ambiente de planta, sin aire acondicionado. Ambientes con mucho polvo y/o humos. Ambientes tóxicos.
Humedad	2	10	El Ambiente es relativamente seco. Menos del 30% de humedad relativa.
Nivel de Ruido	4	30	Se presentan ruidos con alta frecuencia, los cuales pueden ser intermitente o constantes.
Iluminación	1	5	Se considera óptima para realizar cualquier operación, las luces no presentan resplandor y se utiliza iluminación fluorescente.
Duración del Trabajo	1	20	Operación o suboperación la cual se puede completar en 1 minuto o menos.

Repetición del Ciclo	3	80	El trabajador opera según los patrones previstos más de 10 veces por día.
Esfuerzo Físico	1	20	Esfuerzo manual aplicado más del 15% y el 40% del tiempo, para pesos entre 12,5 Kg y 30 Kg.
Esfuerzo Mental o visual	2	20	El operario tiene una atención visual o mental ocasionalmente, debido a que la operación es prácticamente automática.
Posición del trabajo	1	10	El operario realiza el trabajo de pie o mediante una combinación de sentado, parado y caminando.

De la tabla anterior se obtuvo que el total de puntos, fue de 265 haciendo uso de la tabla de concesiones por fatiga (ver anexo 6), obtuvieron los siguientes datos:

- Límite de clases: 262 - 268
- Clase: D2
- Concesión por fatiga: 17%
- Minutos concedidos por razones de Fatiga 70 minutos.

Cabe destacar que la empresa tiene establecida una jornada de trabajo de 7:00am – 12:00pm y de 1:00pm – 4:00pm lo que representa un total de 8 horas/diarias de trabajo, que equivalen a 480 minutos/diarios. Por otra parte, también es importante resaltar que C.V.G VENALUM, otorga 60 minutos para almorzar y 20 minutos para necesidades personales (NP).

Haciendo uso de los datos antes mencionados se procede a calcular la jornada efectiva de trabajo (JET).

$$JET = JT - (\text{Almuerzo})$$

$$JET = 480\text{min} - (60 \text{ min})$$

$$JET = 420 \text{ min.} = 25200 \text{ seg.}$$

Para el cálculo del tiempo estándar las tolerancias variables deben estar en función del tiempo normal, para realizar dicha normalización se utiliza la siguiente formula:

$$JET - (NP + \text{Fatiga}) \longrightarrow (NP + \text{Fatiga})$$

$$TN \longrightarrow X$$

Cálculo de las tolerancias para la Rompe Cabos:

$$420 \text{ min} - (20 + 70) \longrightarrow (20 + 70)$$

$$1,01 \text{ min} \longrightarrow X$$

$$X = \text{Tolerancia} = 0,27 \text{ min}$$

Una vez obtenidos todos los datos necesarios para calcular el tiempo estándar, se procedemos a calcular su valor.

$$TE = TN + \Sigma \text{Tol}$$

$$TE = 1,01 \text{ min} + 0,27$$

$$TE = 1,28 \text{ min}$$

El tiempo estándar total de la operación de romper un cabo por la máquina es de 1,28 minutos.

### ➤ Rompedora de Cabos 2 de Línea II

**TABLA 32. Factor de Calificación de la Velocidad de la Rompedora de Cabos 2 de Línea II**

FACTOR	GRADO	PUNTOS	JUSTIFICACIÓN
Temperatura	4	40	Ambientes sin circulación de aire: temperatura $\geq 32^{\circ}\text{C}$ . Ambientes con circulación normal de aire: $35^{\circ}\text{C} <$ Temperatura $\leq 34,5^{\circ}\text{C}$
Ventilación	4	30	Se muestra un ambiente de planta, sin aire acondicionado. Ambientes con mucho polvo y/o humos. Ambientes tóxicos.
Humedad	2	10	El Ambiente es relativamente seco. Menos del 30% de humedad relativa.
Nivel de Ruido	4	30	Se presentan ruidos con alta frecuencia, los cuales pueden ser intermitente o constantes.
Iluminación	1	5	Se considera óptima para realizar cualquier operación, las luces no presentan resplandor y se utiliza iluminación fluorescente.
Duración del Trabajo	1	20	Operación o suboperación la cual se puede completar en 1 minuto o menos.

Repetición del Ciclo	3	80	El trabajador opera según los patrones previstos más de 10 veces por día.
Esfuerzo Físico	1	20	Esfuerzo manual aplicado más del 15% y el 40% del tiempo, para pesos entre 12,5 Kg y 30 Kg.
Esfuerzo Mental o visual	20	20	El operario tiene una atención visual o mental ocasionalmente, debido a que la operación es prácticamente automática.
Posición del trabajo	1	10	El operario realiza el trabajo de pie o mediante una combinación de sentado, parado y caminando.

De la tabla anterior se obtuvo que el total de puntos, fue de 265 haciendo uso de la tabla de concesiones por fatiga (ver anexo 6), obtuvieron los siguientes datos:

- Límite de clases: 262 - 268
- Clase: D2
- Concesión por fatiga: 17%
- Minutos concedidos por razones de Fatiga 70 minutos.

Cabe destacar que la empresa tiene establecida una jornada de trabajo de 7:00am – 12:00pm y de 1:00pm – 4:00pm lo que representa un total de 8 horas/diarias de trabajo, que equivalen a 480 minutos/diarios. Por otra parte, también es importante resaltar que C.V.G VENALUM, otorga 60 minutos para almorzar y 20 minutos para necesidades personales (NP).

Haciendo uso de los datos antes mencionados se procede a calcular la jornada efectiva de trabajo (JET).

$$JET = JT - (\text{Almuerzo})$$

$$JET = 480\text{min} - (60 \text{ min})$$

$$JET = 420 \text{ min.} = 25200 \text{ seg.}$$

Para el cálculo del tiempo estándar las tolerancias variables deben estar en función del tiempo normal, para realizar dicha normalización se utiliza la siguiente formula:

$$\text{JET} - (\text{NP} + \text{Fatiga}) \longrightarrow (\text{NP} + \text{Fatiga})$$

$$\text{TN} \longrightarrow X$$

Cálculo de las tolerancias para la Rompe Cabos:

$$420 \text{ min} - (20 + 70) \longrightarrow (20 + 70)$$

$$0,83 \text{ min} \longrightarrow X$$

X= Tolerancia = 0,22 min
--------------------------

Una vez obtenidos todos los datos necesarios para calcular el tiempo estándar, se procedemos a calcular su valor.

$$\text{TE} = \text{TN} + \Sigma \text{Tol}$$

$$\text{TE} = 0,83 \text{ min} + 0,22$$

TE = 1,05 min
---------------

El tiempo estándar total de la operación de romper un cabo por la máquina es de 1,05 minutos.

### ➤ Mesa de Colada 1 de Línea II

**TABLA 33. Factor de Calificación de la Velocidad de la Mesa de Colada 1 de Línea II**

FACTOR	GRADO	PUNTOS	JUSTIFICACIÓN
Temperatura	4	40	Ambientes sin circulación de aire: temperatura $\geq 32^{\circ}\text{C}$ . Ambientes con circulación normal de aire: $35^{\circ}\text{C} <$ Temperatura $\leq 34,5^{\circ}\text{C}$
Ventilación	4	30	Se muestra un ambiente de planta, sin aire acondicionado. Ambientes con mucho polvo y/o humos. Ambientes tóxicos.
Humedad	2	10	El Ambiente es relativamente seco. Menos del 30% de humedad relativa.
Nivel de Ruido	4	30	Se presentan ruidos con alta frecuencia, los cuales pueden ser intermitente o constantes.
Iluminación	1	5	Se considera óptima para realizar cualquier operación, las luces no presentan resplandor y se utiliza iluminación fluorescente.
Duración del Trabajo	1	20	Operación o suboperación la cual se puede completar en 1 minuto o menos.

Repetición del Ciclo	3	80	El trabajador opera según los patrones previstos más de 10 veces por día.
Esfuerzo Físico	1	20	Esfuerzo manual aplicado más del 15% y el 40% del tiempo, para pesos entre 12,5 Kg y 30 Kg.
Esfuerzo Mental o visual	20	20	El operario tiene una atención visual o mental intermitentes, la operación involucra que el trabajador espere para que la máquina opere o complete un ciclo.
Posición del trabajo	1	10	El operario realiza el trabajo sentado con una combinación parado y caminando.

De la tabla anterior se obtuvo que el total de puntos, fue de 265 haciendo uso de la tabla de concesiones por fatiga (ver anexo 6), obtuvieron los siguientes datos:

- Límite de clases: 262 - 268
- Clase: D2
- Concesión por fatiga: 17%
- Minutos concedidos por razones de Fatiga 70 minutos.

Cabe destacar que la empresa tiene establecida una jornada de trabajo de 7:00am – 12:00pm y de 1:00pm – 4:00pm lo que representa un total de 8 horas/diarias de trabajo, que equivalen a 480 minutos/diarios. Por otra parte, también es importante resaltar que C.V.G VENALUM, otorga 60 minutos para almorzar y 20 minutos para necesidades personales (NP).

Haciendo uso de los datos antes mencionados se procede a calcular la jornada efectiva de trabajo (JET).

$$JET = JT - (\text{Almuerzo})$$

$$JET = 480\text{min} - (60 \text{ min})$$

$$JET = 420 \text{ min.} = 25200 \text{ seg.}$$

Para el cálculo del tiempo estándar las tolerancias variables deben estar en función del tiempo normal, para realizar dicha normalización se utiliza la siguiente formula:

$$\text{JET} - (\text{NP} + \text{Fatiga}) \longrightarrow (\text{NP} + \text{Fatiga})$$

$$\text{TN} \longrightarrow X$$

Cálculo de las tolerancias para la Rompe Cabos:

$$420 \text{ min} - (20 + 70) \longrightarrow (20 + 70)$$

$$1,18 \text{ min} \longrightarrow X$$

$$X = \text{Tolerancia} = 0,32 \text{ min}$$

Una vez obtenidos todos los datos necesarios para calcular el tiempo estándar, se procedemos a calcular su valor.

$$\text{TE} = \text{TN} + \Sigma \text{Tol}$$

$$\text{TE} = 1,18 \text{ min} + 0,32$$

$$\text{TE} = 1,50 \text{ min}$$

El tiempo estándar total de la operación de ensamblar un ánodo por la máquina es de 1,50 minutos.

### ➤ Mesa de Colada 2 de Línea II

**TABLA 34. Factor de Calificación de la Velocidad de la Mesa de Colada 2 de Línea II**

FACTOR	GRADO	PUNTOS	JUSTIFICACIÓN
Temperatura	4	40	Ambientes sin circulación de aire: temperatura $\geq 32^{\circ}\text{C}$ . Ambientes con circulación normal de aire: $35^{\circ}\text{C} < \text{Temperatura} \leq 34,5^{\circ}\text{C}$
Ventilación	4	30	Se muestra un ambiente de planta, sin aire acondicionado. Ambientes con mucho polvo y/o humos. Ambientes tóxicos.
Humedad	2	10	El Ambiente es relativamente seco. Menos del 30% de humedad relativa.
Nivel de Ruido	4	30	Se presentan ruidos con alta frecuencia, los cuales pueden ser intermitente o constantes.
Iluminación	1	5	Se considera óptima para realizar cualquier operación, las luces no presentan resplandor y se utiliza iluminación fluorescente.
Duración del Trabajo	1	20	Operación o suboperación la cual se puede completar en 1 minuto o menos.

Repetición del Ciclo	3	80	El trabajador opera según los patrones previstos más de 10 veces por día.
Esfuerzo Físico	1	20	Esfuerzo manual aplicado más del 15% y el 40% del tiempo, para pesos entre 12,5 Kg y 30 Kg.
Esfuerzo Mental o visual	2	20	El operario tiene una atención visual o mental intermitentes, la operación involucra que el trabajador espere para que la máquina opere o complete un ciclo.
Posición del trabajo	1	10	El operario realiza el trabajo sentado con una combinación parado y caminando.

De la tabla anterior se obtuvo que el total de puntos, fue de 265 haciendo uso de la tabla de concesiones por fatiga (ver anexo 6), obtuvieron los siguientes datos:

- Límite de clases: 262 - 268
- Clase: D2
- Concesión por fatiga: 17%
- Minutos concedidos por razones de Fatiga 70 minutos.

Cabe destacar que la empresa tiene establecida una jornada de trabajo de 7:00am – 12:00pm y de 1:00pm – 4:00pm lo que representa un total de 8 horas/diarias de trabajo, que equivalen a 480 minutos/diarios. Por otra parte, también es importante resaltar que C.V.G VENALUM, otorga 60 minutos para almorzar y 20 minutos para necesidades personales (NP).

Haciendo uso de los datos antes mencionados se procede a calcular la jornada efectiva de trabajo (JET).

$$JET = JT - (\text{Almuerzo})$$

$$JET = 480\text{min} - (60 \text{ min})$$

$$JET = 420 \text{ min.} = 25200 \text{ seg.}$$

Para el cálculo del tiempo estándar las tolerancias variables deben estar en función del tiempo normal, para realizar dicha normalización se utiliza la siguiente formula:

$$\begin{array}{l} \text{JET} - (\text{NP} + \text{Fatiga}) \longrightarrow (\text{NP} + \text{Fatiga}) \\ \text{TN} \longrightarrow X \end{array}$$

Cálculo de las tolerancias para la Rompe Cabos:

$$\begin{array}{l} 420 \text{ min} - (20 + 70) \longrightarrow (20 + 70) \\ 1,20 \text{ min} \longrightarrow X \end{array}$$

X= Tolerancia = 0,32 min
--------------------------

Una vez obtenidos todos los datos necesarios para calcular el tiempo estándar, se procedemos a calcular su valor.

$$\text{TE} = \text{TN} + \Sigma \text{Tol}$$

$$\text{TE} = 1,20 \text{ min} + 0,32$$

TE = 1,52 min
---------------

El tiempo estándar total de la operación de ensamblar un ánodo por la máquina es de 1,52 minutos.

### ➤ Rompedora de Colada de Línea II

**TABLA 35. Factor de Calificación de la Velocidad de la Rompedora de Colada de Línea II**

FACTOR	GRADO	PUNTOS	JUSTIFICACIÓN
Temperatura	4	40	Ambientes sin circulación de aire: temperatura $\geq 32^{\circ}\text{C}$ . Ambientes con circulación normal de aire: $35^{\circ}\text{C} < \text{Temperatura} \leq 34,5^{\circ}\text{C}$
Ventilación	4	30	Se muestra un ambiente de planta, sin aire acondicionado. Ambientes con mucho polvo y/o humos. Ambientes tóxicos.
Humedad	2	10	El Ambiente es relativamente seco. Menos del 30% de humedad relativa.
Nivel de Ruido	4	30	Se presentan ruidos con alta frecuencia, los cuales pueden ser intermitente o constantes.
Iluminación	1	5	Se considera óptima para realizar cualquier operación, las luces no presentan resplandor y se utiliza iluminación fluorescente.

Duración del Trabajo	1	20	Operación o suboperación la cual se puede completar en 1 minuto o menos.
Repetición del Ciclo	3	80	El trabajador opera según los patrones previstos más de 10 veces por día.
Esfuerzo Físico	1	20	Esfuerzo manual aplicado más del 15% y el 40% del tiempo, para pesos entre 12,5 Kg y 30 Kg.
Esfuerzo Mental o visual	2	20	El operario tiene una atención visual o mental intermitentes, la operación involucra que el trabajador espere para que la máquina opere o complete un ciclo.
Posición del trabajo	1	10	El operario realiza el trabajo de pie o mediante una combinación de sentado, parado y caminando.

De la tabla anterior se obtuvo que el total de puntos, fue de 265 haciendo uso de la tabla de concesiones por fatiga (ver anexo 6), obtuvieron los siguientes datos:

- Límite de clases: 262 - 268
- Clase: D2
- Concesión por fatiga: 17%
- Minutos concedidos por razones de Fatiga 70 minutos.

Cabe destacar que la empresa tiene establecida una jornada de trabajo de 7:00am – 12:00pm y de 1:00pm – 4:00pm lo que representa un total de 8 horas/diarias de trabajo, que equivalen a 480 minutos/diarios. Por otra parte, también es importante resaltar que C.V.G VENALUM, otorga 60 minutos para almorzar y 20 minutos para necesidades personales (NP).

Haciendo uso de los datos antes mencionados se procede a calcular la jornada efectiva de trabajo (JET).

$$JET = JT - (\text{Almuerzo})$$

$$JET = 480\text{min} - (60 \text{ min})$$

$$JET = 420 \text{ min.} = 25200 \text{ seg.}$$

Para el cálculo del tiempo estándar las tolerancias variables deben estar en función del tiempo normal, para realizar dicha normalización se utiliza la siguiente fórmula:

$$\begin{array}{l} \text{JET} - (\text{NP} + \text{Fatiga}) \longrightarrow (\text{NP} + \text{Fatiga}) \\ \text{TN} \longrightarrow X \end{array}$$

Cálculo de las tolerancias para la Rompe Cabos:

$$\begin{array}{l} 420 \text{ min} - (20 + 70) \longrightarrow (20 + 70) \\ 1,06 \text{ min} \longrightarrow X \end{array}$$

X= Tolerancia = 0,28 min
--------------------------

Una vez obtenidos todos los datos necesarios para calcular el tiempo estándar, se procedemos a calcular su valor.

$$\text{TE} = \text{TN} + \Sigma \text{Tol}$$

$$\text{TE} = 1,06 \text{ min} + 0,28$$

TE = 1,34 min
---------------

El tiempo estándar total de la operación de romper una colada por la máquina es de 1,34 minutos.

### ➤ Horno de Inducción 1

**Tabla 36. Factor de Calificación de la Velocidad de la Rompedora del Horno de Inducción 1.**

FACTOR	GRADO	PUNTOS	JUSTIFICACIÓN
Temperatura	4	40	Ambientes sin circulación de aire: temperatura $\geq 32^{\circ}\text{C}$ . Ambientes con circulación normal de aire: $35^{\circ}\text{C} < \text{Temperatura} \leq 34,5^{\circ}\text{C}$
Ventilación	4	30	Se muestra un ambiente de planta, sin aire acondicionado. Ambientes con mucho polvo y/o humos. Ambientes tóxicos.
Humedad	2	10	El Ambiente es relativamente seco. Menos del 30% de humedad relativa.
Nivel de Ruido	4	30	Se presentan ruidos con alta frecuencia, los cuales pueden ser intermitente o constantes.
Iluminación	1	5	Se considera óptima para realizar cualquier operación, las luces no presentan resplandor y se utiliza iluminación fluorescente.

Duración del Trabajo	3	60	Operación o suboperación la cual se puede completar en aproximadamente 1 hora o menos.
Repetición del Ciclo	3	60	El trabajador opera según los patrones previstos no más de 10 veces por día.
Esfuerzo Físico	1	20	Esfuerzo manual aplicado más del 15% y el 40% del tiempo, para pesos entre 12,5 Kg y 30 Kg.
Esfuerzo Mental o visual	3	30	El operario tiene una atención visual o mental intermitentes, la operación involucra que el trabajador espere para que la máquina opere o complete un ciclo.
Posición del trabajo	1	10	El operario realiza el trabajo de pie o mediante una combinación de sentado, parado y caminando.

De la tabla anterior se obtuvo que el total de puntos, fue de 295 haciendo uso de la tabla de concesiones por fatiga (ver anexo 7), obtuvieron los siguientes datos:

- Límite de clases: 290 - 296
- Clase: E1
- Concesión por fatiga: 21%
- Minutos concedidos por razones de Fatiga 83 minutos.

Cabe destacar que la empresa tiene establecida una jornada de trabajo de 7:00am – 12:00pm y de 1:00pm – 4:00pm lo que representa un total de 8 horas/diarias de trabajo, que equivalen a 480 minutos/diarios. Por otra parte, también es importante resaltar que C.V.G VENTALUM, otorga 60 minutos para almorzar y 15 minutos para necesidades personales (NP).

Haciendo uso de los datos antes mencionados se procede a calcular la jornada efectiva de trabajo (JET).

$$JET = JT - (\text{Almuerzo})$$

$$JET = 480\text{min} - (60 \text{ min})$$

$$JET = 420 \text{ min.} = 25200 \text{ seg.}$$

Para el cálculo del tiempo estándar las tolerancias variables deben estar en función del tiempo normal, para realizar dicha normalización se utiliza la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} \text{JET} - (\text{NP} + \text{Fatiga}) &\longrightarrow (\text{NP} + \text{Fatiga}) \\ \text{TN} &\longrightarrow X \end{aligned}$$

Cálculo de las tolerancias para la Rompe Cabos:

$$\begin{aligned} 420 \text{ min} - (15 + 83) &\longrightarrow (15 + 83) \\ 53,66 \text{ min} &\longrightarrow X \end{aligned}$$

X= Tolerancia = 16,33 min
---------------------------

Una vez obtenidos todos los datos necesarios para calcular el tiempo estándar, se procedemos a calcular su valor.

$$\text{TE} = \text{TN} + \Sigma \text{Tol}$$

$$\text{TE} = 53,66 \text{ min} + 16,33$$

TE = 69,99 min
----------------

El tiempo estándar total de la operación de carga, descarga y preparación de fundición gris es de 69,99 minutos.

### ➤ Horno de Inducción 2

**Tabla 37. Factor de Calificación de la Velocidad de la Rompedora del Horno de Inducción 2.**

FACTOR	GRADO	PUNTOS	JUSTIFICACIÓN
Temperatura	4	40	Ambientes sin circulación de aire: temperatura $\geq 32^{\circ}\text{C}$ . Ambientes con circulación normal de aire: $35^{\circ}\text{C} < \text{Temperatura} \leq 34,5^{\circ}\text{C}$
Ventilación	4	30	Se muestra un ambiente de planta, sin aire acondicionado. Ambientes con mucho polvo y/o humos. Ambientes tóxicos.
Humedad	2	10	El Ambiente es relativamente seco. Menos del 30% de humedad relativa.
Nivel de Ruido	4	30	Se presentan ruidos con alta frecuencia, los cuales pueden ser intermitente o constantes.
Iluminación	1	5	Se considera óptima para realizar cualquier operación, las luces no presentan resplandor y se utiliza iluminación fluorescente.

Duración del Trabajo	3	60	Operación o suboperación la cual se puede completar en aproximadamente 1 hora o menos.
Repetición del Ciclo	3	60	El trabajador opera según los patrones previstos no más de 10 veces por día.
Esfuerzo Físico	1	20	Esfuerzo manual aplicado más del 15% y el 40% del tiempo, para pesos entre 12,5 Kg y 30 Kg.
Esfuerzo Mental o visual	3	30	El operario tiene una atención visual o mental intermitentes, la operación involucra que el trabajador espere para que la máquina opere o complete un ciclo.
Posición del trabajo	1	10	El operario realiza el trabajo de pie o mediante una combinación de sentado, parado y caminando.

De la tabla anterior se obtuvo que el total de puntos, fue de 295 haciendo uso de la tabla de concesiones por fatiga (ver anexo 7), obtuvieron los siguientes datos:

- Límite de clases: 290 - 296
- Clase: E1
- Concesión por fatiga: 21%
- Minutos concedidos por razones de Fatiga 83 minutos.

Cabe destacar que la empresa tiene establecida una jornada de trabajo de 7:00am – 12:00pm y de 1:00pm – 4:00pm lo que representa un total de 8 horas/diarias de trabajo, que equivalen a 480 minutos/diarios. Por otra parte, también es importante resaltar que C.V.G VENALUM, otorga 60 minutos para almorzar y 15 minutos para necesidades personales (NP).

Haciendo uso de los datos antes mencionados se procede a calcular la jornada efectiva de trabajo (JET).

$$JET = JT - (\text{Almuerzo})$$

$$JET = 480\text{min} - (60 \text{ min})$$

$$JET = 420 \text{ min.} = 25200 \text{ seg.}$$

Para el cálculo del tiempo estándar las tolerancias variables deben estar en función del tiempo normal, para realizar dicha normalización se utiliza la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} \text{JET} - (\text{NP} + \text{Fatiga}) &\longrightarrow (\text{NP} + \text{Fatiga}) \\ \text{TN} &\longrightarrow X \end{aligned}$$

Cálculo de las tolerancias para la Rompe Cabos:

$$\begin{aligned} 420 \text{ min} - (15 + 83) &\longrightarrow (15 + 83) \\ 71,91 \text{ min} &\longrightarrow X \end{aligned}$$

$X = \text{Tolerancia} = 21,88 \text{ min}$
---

Una vez obtenidos todos los datos necesarios para calcular el tiempo estándar, se procedemos a calcular su valor.

$$\text{TE} = \text{TN} + \Sigma \text{Tol}$$

$$\text{TE} = 71,91 \text{ min} + 21,88$$

$\text{TE} = 93,79 \text{ min}$
---------------------------------

El tiempo estándar total de la operación de carga, descarga y preparación de fundición gris es de 93,79 minutos.

### ➤ Horno de Inducción 3

**Tabla 38. Factor de Calificación de la Velocidad de la Rompedora del Horno de Inducción 3.**

FACTOR	GRADO	PUNTOS	JUSTIFICACIÓN
Temperatura	4	40	Ambientes sin circulación de aire: temperatura $\geq 32^{\circ}\text{C}$ . Ambientes con circulación normal de aire: $35^{\circ}\text{C} < \text{Temperatura} \leq 34,5^{\circ}\text{C}$
Ventilación	4	30	Se muestra un ambiente de planta, sin aire acondicionado. Ambientes con mucho polvo y/o humos. Ambientes tóxicos.
Humedad	2	10	El Ambiente es relativamente seco. Menos del 30% de humedad relativa.
Nivel de Ruido	4	30	Se presentan ruidos con alta frecuencia, los cuales pueden ser intermitente o constantes.
Iluminación	1	5	Se considera óptima para realizar cualquier operación, las luces no presentan resplandor y se utiliza iluminación fluorescente.

Duración del Trabajo	3	60	Operación o suboperación la cual se puede completar en aproximadamente 1 hora o menos.
Repetición del Ciclo	3	60	El trabajador opera según los patrones previstos no más de 10 veces por día.
Esfuerzo Físico	1	20	Esfuerzo manual aplicado más del 15% y el 40% del tiempo, para pesos entre 12,5 Kg y 30 Kg.
Esfuerzo Mental o visual	3	30	El operario tiene una atención visual o mental intermitentes, la operación involucra que el trabajador espere para que la máquina opere o complete un ciclo.
Posición del trabajo	1	10	El operario realiza el trabajo de pie o mediante una combinación de sentado, parado y caminando.

De la tabla anterior se obtuvo que el total de puntos, fue de 295 haciendo uso de la tabla de concesiones por fatiga (ver anexo 7), obtuvieron los siguientes datos:

- Límite de clases: 290 - 296
- Clase: E1
- Concesión por fatiga: 21%
- Minutos concedidos por razones de Fatiga 83 minutos.

Cabe destacar que la empresa tiene establecida una jornada de trabajo de 7:00am – 12:00pm y de 1:00pm – 4:00pm lo que representa un total de 8 horas/diarias de trabajo, que equivalen a 480 minutos/diarios. Por otra parte, también es importante resaltar que C.V.G VENALUM, otorga 60 minutos para almorzar y 15 minutos para necesidades personales (NP).

Haciendo uso de los datos antes mencionados se procede a calcular la jornada efectiva de trabajo (JET).

$$JET = JT - (\text{Almuerzo})$$

$$JET = 480\text{min} - (60 \text{ min})$$

$$JET = 420 \text{ min.} = 25200 \text{ seg.}$$

Para el cálculo del tiempo estándar las tolerancias variables deben estar en función del tiempo normal, para realizar dicha normalización se utiliza la siguiente formula:

$$\text{JET} - (\text{NP} + \text{Fatiga}) \longrightarrow (\text{NP} + \text{Fatiga})$$

$$\text{TN} \longrightarrow X$$

Cálculo de las tolerancias para la Rompe Cabos:

$$420 \text{ min} - (15 + 83) \longrightarrow (15 + 83)$$

$$74,10 \text{ min} \longrightarrow X$$

$X = \text{Tolerancia} = 22,55 \text{ min}$
---

Una vez obtenidos todos los datos necesarios para calcular el tiempo estándar, se procedemos a calcular su valor.

$$\text{TE} = \text{TN} + \Sigma \text{Tol}$$

$$\text{TE} = 74,10 \text{ min} + 22,81$$

$\text{TE} = 96,65 \text{ min}$
---------------------------------

El tiempo estándar total de la operación de carga, descarga y preparación de fundición gris es de 96,18 minutos.