



U
N
E
X
P
O



**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA
“ANTONIO JOSÉ DE SUCRE”
VICERRECTORADO PUERTO ORDAZ
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
PRÁCTICA PROFESIONAL**

**DETERMINACIÓN DE FUERZA LABORAL Y MAQUINARIAS
REQUERIDAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN TALLER DE
FABRICACIÓN Y DE REPARACIÓN DE TAPAS PARA CELDAS
ELECTROLÍTICAS EN CVG VENALUM**

U
N
E
X
P
O

TUTOR ACADÉMICO:

MSc. ING. IVÁN TURMERO

TUTOR INDUSTRIAL:

ING. JOSÉ PÉREZ

AUTOR:

ARMANDO A. GONZÁLEZ. F

CIUDAD GUAYANA, FEBRERO 2015



U
N
E
X
P
O



UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA
“ANTONIO JOSÉ DE SUCRE”
VICERRECTORADO PUERTO ORDAZ
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
PRÁCTICA PROFESIONAL

**DETERMINACIÓN DE FUERZA LABORAL Y MAQUINARIAS
REQUERIDAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN TALLER DE
FABRICACIÓN Y DE REPARACIÓN DE TAPAS PARA CELDAS
ELECTROLÍTICAS EN CVG VENALUM**

U
N
E
X
P
O

AUTOR:
ARMANDO A. GONZÁLEZ. F

Tutor Industrial

Ing. José Pérez

Tutor Académico

MSc Ing. Iván Turmero

CIUDAD GUAYANA, FEBRERO 2015



Br. GONZÁLEZ FARIA ARMANDO ANDRES

**“DETERMINACIÓN DE FUERZA LABORAL Y MAQUINARIAS
REQUERIDAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN TALLER DE
FABRICACIÓN Y DE REPARACIÓN DE TAPAS PARA CELDAS
ELECTROLÍTICAS EN CVG VENALUM”**

128 Pág.

Informe de Práctica Profesional

Universidad Nacional Experimental Politécnica - Antonio José de Sucre

Vice Rectorado Puerto Ordaz – Departamento de Ingeniería Industrial.

Tutor Académico: MSc. Ing. Iván Turmero.

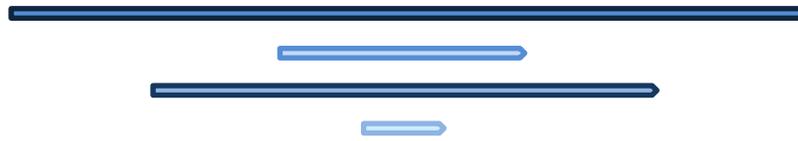
Tutor Industrial: Ing. José Pérez

Ciudad Guayana, Febrero 2015

Capítulos: I.- El Problema, II.- Generalidades de la Empresa, III.- Marco Teórico, IV.- Marco Metodológico, V.- Situación Actual, VI.- Análisis y Resultados, Conclusiones, Recomendaciones, Bibliografía, Anexos, Apéndices.



U
N
E
X
P
O



UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA
“ANTONIO JOSÉ DE SUCRE”
VICE-RECTORADO PUERTO ORDAZ
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
PRÁCTICA PROFESIONAL

ACTA DE APROBACIÓN

Quienes suscriben, los tutores académico e industrial, para examinar el trabajo de la Práctica Profesional presentado por el ciudadano **ARMANDO ANDRÉS GONZÁLEZ FARIA**, portador de la cédula de identidad N° **19.804.691**, titulado **“DETERMINACIÓN DE FUERZA LABORAL Y MAQUINARIAS REQUERIDAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN TALLER DE FABRICACIÓN Y DE REPARACIÓN DE TAPAS PARA CELDAS ELECTROLÍTICAS EN CVG VENALUM”**, como requisito para la aprobación de la Práctica Profesional de Grado, consideramos que dicho trabajo cumple con los requisitos exigidos para tal efecto y por tanto lo declaramos: **APROBADO**.

En Ciudad Guayana a los 14 días del mes de Febrero del año 2015

Ing. José Pérez
Tutor Industrial

MSc Ing. Iván Turmero
Tutor Académico

DEDICATORIA

A Dios Padre Todopoderoso por darme vida, ser mi fortaleza, escudo protector, por guiarme en el camino correcto y siempre estar cuando lo necesito.

A mi familia por guiarme durante toda mi vida y ser pilar fundamental en toda mi carrera como estudiante y a toda mi familia en general.

A mis grandes amigos, que durante el transcurso de mi carrera universitaria han formado parte indispensable de mi proceso de aprendizaje, por su ayuda y su apoyo en todos los sentidos.

ARMANDO A. GONZÁLEZ. F

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco primeramente a Dios por darme la vida, guiarme en todo momento y ser mi apoyo ante las adversidades que se me han presentado durante mis estudios y vida en general, siendo el pilar fundamental en la consecución de mis metas logradas y por lograr.

A mis padres, Armando y Elizabeth por brindarme a lo largo de mi vida su constante apoyo, dedicación y atención en todos los momentos de mi vida.

A la UNEXPO por ser parte fundamental de mi formación profesional y a la empresa CVG Venalum por brindarme la oportunidad de realizar mi pasantía y así cumplir con el requisito de la práctica profesional para mi completa formación.

Al Ing. José Pérez (Tutor Industrial) y al MSc. Ing. Iván Turmero (Tutor Académico) por su valiosa orientación y colaboración para la culminación exitosa del estudio.

A todos mis compañeros de pasantía que de una u otra manera me brindaron su amistad y prestaron su absoluta colaboración en el intercambio de conocimientos para reforzar de la mejor manera mi informe.

ARMANDO A. GONZÁLEZ. F

UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA
“ANTONIO JOSÉ DE SUCRE”
VICERRECTORADO PUERTO ORDAZ
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
PRÁCTICA PROFESIONAL

**DETERMINACIÓN DE FUERZA LABORAL Y MAQUINARIAS
REQUERIDAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN TALLER DE
FABRICACIÓN Y DE REPARACIÓN DE TAPAS PARA CELDAS
ELECTROLÍTICAS EN CVG VENALUM**

Autor: González Faria, Armando Andrés

Tutor Académico: MSc. Ing. Iván Turmero

Tutor Industrial: Ing. José Pérez

Fecha: Febrero 2015

RESUMEN

La investigación realizada en CVG VENALUM en la Gerencia Ingeniería Industrial, está orientada a la determinación de la fuerza laboral y maquinaria requerida para la implementación de un taller de fabricación y reparación de tapas laterales de celdas electrolíticas. La metodología utilizada para desarrollar la investigación fue de tipo descriptiva y de campo; y para ello se realizó un estudio de tiempo para determinar el requerimiento. Las tapas laterales forman parte de la estructura de las celdas electrolíticas en los Complejos de Reducción junto a otros componentes, siendo éstas las más importantes para lograr la hermeticidad en las celdas y contribuir en otros beneficios. Actualmente la mayoría de las celdas electrolíticas operativas, funcionan sin sus respectivas tapas, generando esto una serie de pérdidas económicas a la empresa y deterioro al ambiente; además existen muchas celdas fuera de servicio en la empresa, por lo cual se tiene previsto un plan para Normalizar la producción a su capacidad instalada, pero este no contempla el suministro de los componentes de hermeticidad, generando mayor relevancia la implementación del taller. Para el cálculo de la fuerza laboral se plantearon 3 escenarios debido a que el requerimiento de tapas varía cada año y se recomendará a la empresa el más factible. El escenario 1 plantea el periodo en el cual la planta estará normalizada a partir del año 2021 arrojando como resultado 5 operadores, El Escenario 2 plantea el año donde el requerimiento de tapas será mayor arrojando como resultado 9 operadores y el escenario 3 plantea un promedio de requerimiento de tapas del período estudiado dando como resultado 6 operadores.

Palabras claves: **Requerimiento de personal, carga de trabajo, fuerza laboral.**

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURA.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I:.....	4
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	8
1.2.1 OBJETIVO GENERAL	8
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
1.3 ALCANCE	8
1.4 LIMITACIONES.....	8
1.5 IMPORTANCIA DEL TRABAJO	9
CAPITULO II.....	11
2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	11
2.2 RESEÑA HISTÓRICA	11
2.3 CVG VENALUM, HOY:.....	16
2.4 ESPACIO FÍSICO	16
2.5 UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	17
2.6 FILOSOFÍA DE GESTIÓN.....	18
2.6.1 MISIÓN.....	18
2.6.2 VISIÓN	18
2.6.3 OBJETIVOS ESTRATÉGICOS.....	19
2.6.4 PRINCIPIOS Y VALORES	20
2.7 POLÍTICA DE C.V.G VENALUM	20
2.7.1 POLÍTICA INTEGRAL DE LOS SISTEMAS DE GESTIÓN	20
2.7.2 POLÍTICA DE PRODUCTIVIDAD Y RENTABILIDAD	20
2.7.3 POLÍTICA COMERCIAL	20
2.7.4 POLÍTICA SOCIAL	21
2.7.5 POLÍTICA DE DESARROLLO	21
2.7.6 POLÍTICA AMBIENTAL	21
2.8 FUNCIONES.....	21

2.9 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA	22
2.10 SECTOR PRODUCTIVO.....	23
2.11 PRODUCTOS ELABORADOS	23
2.12 TIPO DE MERCADO.....	24
2.13 PROCESO PRODUCTIVO DE C.V.G VENALUM	24
2.14 ÁREAS DE PRODUCCIÓN.....	25
2.14.1 PLANTA DE CARBÓN.....	26
2.14.2 PLANTA DE REDUCCIÓN	26
2.14.3 PLANTA DE COLADA	27
2.15 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE PASANTÍA.....	28
2.15.1 GERENCIA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL.....	28
CAPITULO III.....	31
3.1 INGENIERÍA DE MÉTODOS.....	31
3.1.1 IMPORTANCIA DE LA INGENIERÍA DE MÉTODOS EN UN SISTEMA PRODUCTIVO.....	31
3.2 MEDICIÓN DE TRABAJO	32
3.3 ESTUDIO DE TIEMPOS	33
3.3.1 HERRAMIENTAS PARA EL ESTUDIO DE TIEMPOS	33
3.3.2 EJECUCIÓN DEL ESTUDIO DE TIEMPOS.....	36
3.3.3 ACTITUD FRENTE AL TRABAJADOR	37
3.3.4 EL TRABAJADOR CALIFICADO	37
3.3.5 TÉCNICAS DEL ESTUDIO DE TIEMPOS	39
3.3.6 TIEMPO ESTÁNDAR.....	39
3.3.7 TIEMPO NORMAL.....	42
3.3.8 DETERMINACIÓN DE TOLERANCIAS	43
3.3.9 RETRASOS	43
3.3.10 NÚMEROS DE CICLOS A ESTUDIAR	45
3.3.11 SISTEMA WESTINGHOUSE	45
3.3.12 CARGA DE TRABAJO.....	46
3.3.13 REQUERIMIENTO DE MANO DE OBRA	47
3.4 CÁLCULO DEL NÚMERO DE MÁQUINAS	47
CAPÍTULO IV	50
4.1 TIPOS DE INVESTIGACIÓN.....	50
4.1.1 SEGÚN EL NIVEL DE PROFUNDIDAD.....	50

4.1.2 SEGÚN EL DISEÑO	50
4.1.3 SEGÚN SU FINALIDAD.....	51
4.3 FUENTES DE INFORMACIÓN	51
4.3.1 LA DOCUMENTACIÓN.....	51
4.3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	51
4.3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS ...	52
4.4 MATERIALES Y EQUIPOS	53
4.4.3 RECURSOS FÍSICOS	53
4.4.4 EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL.....	53
4.4.5 RECURSOS HUMANOS	54
4.5 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO.....	54
CAPITULO V	56
5.1 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ALUMINIO	56
5.3 IMPACTO ECONÓMICO QUE GENERA LOS GASES NO RECOLECTADOS	58
5.4 LA HERMETICIDAD EN CELDAS.....	58
5.5 DISTRIBUCIÓN DE LAS CELDAS ELECTROLÍTICAS EN LOS COMPLEJOS DE REDUCCIÓN EN CVG VENALUM	59
5.6 CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE CVG VENALUM.....	60
5.7 CONDICIÓN ACTUAL DE LAS TAPAS LATERALES DE LAS CELDAS ELECTROLÍTICAS.....	61
5.8 PLAN DE MODERNIZACIÓN E INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN DE CVG VENALUM.....	64
5.9 INDISPONIBILIDAD POR PARTE DE TALLER CENTRAL Y TALLERES DE REDUCCIÓN PARA FABRICACIÓN Y REPARACIÓN DE TAPAS.....	65
5.10 PLANTEAMIENTO	66
5.11 PROCESO DE FABRICACIÓN PARA TAPA DE CELDA V LÍNEA	69
5.12 PROCESO DE REPARACIÓN DE LA TAPA DE CELDA V LÍNEA.....	70
5.13 TAPAS LATERALES PARA CELDAS P -19.....	71
5.14 MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS	72
CAPÍTULO VI	74
6.1 DETERMINACIÓN DE TIEMPO PROMEDIO SELECCIONADO.....	77
6.2 DETERMINACIÓN DE CALIFICACIÓN DE VELOCIDAD	77
6.3 CÁLCULO DE TIEMPO NORMAL.....	80
6.4 CÁLCULO DEL TIEMPO ESTÁNDAR.....	80
6.5 CÁLCULO DEL TIEMPO TOTAL DE TRABAJO Y ATENCIÓN.....	81

6.6 REQUERIMIENTO DE PERSONAL	82
6.7 CÁLCULO DE CARGA DE TRABAJO.....	83
6.8 ESTIMACIÓN DEL NÚMERO DE MÁQUINAS.....	84
6.9 ESTIMACIÓN DE EQUIPOS AUXILIARES	88
6.10 ESTIMACIÓN DE EQUIPOS MÓVILES	88
6.11 CAJA DE HERRAMIENTAS	88
CONCLUSIONES	90
RECOMENDACIONES	91
BIBLIOGRAFÍA.....	92
APÉNDICES	93
ANEXOS	102



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición del Capital CVG VENALUM.....	12
Tabla 2: Divisiones de la Empresa.....	17
Tabla 3: Distribución celdas electrolíticas en los Complejos de Reducción.....	60
Tabla 4: Condición de celdas para la fecha 30-10-2014.....	61
Tabla 5: Inventario de tapas laterales CVG Venalum.....	64
Tabla 6: Componentes de tapa lateral de celda V Línea.....	68
Tabla 7: Componentes de tapa lateral de celda P-19.....	69
Tabla 8: Flujograma Lineal del proceso de fabricación de tapas laterales.....	70
Tabla 9: Flujograma lineal del proceso de reparación de tapas laterales.....	71
Tabla 10: Máquinas y herramientas necesarias para implantar el Taller.....	73
Tabla 11: Calificación de la velocidad para proceso de fabricación.....	78
Tabla 12: Calificación de la velocidad para proceso de reparación.....	79
Tabla 13: Números de máquinas principales estimadas para el Taller.....	87
Tabla 14: Estimación de números de equipos auxiliares.....	88
Tabla 15: Caja de herramientas para proceso de fabricación de tapas laterales	89
Tabla 16: Caja de herramientas para proceso de reparación de tapas laterales	89

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1: Ubicación de la Empresa.....	18
Figura 2: Intranet CVG VENALUM.....	23
Figura 3: Proceso Productivo de CVG VENALUM.....	25
Figura 4: Vista de la Planta de Carbón. CVG Venalum C.A Fuente: Intranet CVG Venalum.....	26
Figura 5: Celda de Reducción Electrolítica. C.V.G Venalum C.A.....	27
Figura 6: Sala de Colada. CVG Venalum.....	28
Figura 7: Relación existente entre la ingeniería de Métodos y medición de trabajo.....	32
Figura 8: Historial de compras de tapas laterales para celdas Complejo I y II.....	63
Figura 9: Historial de compras de tapas laterales para celdas V línea.....	63

INTRODUCCIÓN

La industria CVG Venalum ubicada en la Zona Industrial Matanzas en Ciudad Guayana, es una empresa productora de aluminio primario, cuyo objetivo principal es producir y comercializar aluminio de forma productiva, rentable y sustentable para generar bienestar y compromiso social en las comunidades, trabajadores y clientes, para así contribuir al desarrollo endógeno del país.

En toda empresa la fuerza laboral representa su activo más importante ya que ésta garantiza el cumplimiento de los objetivos de la misma. Es por ello que las organizaciones basan su éxito en el talento del recurso humano, ya que si una empresa no tiene un personal capacitado y con cualidades, ésta no podrá crecer de manera significativa y ser excelente en los procedimientos que se realizan en ella, para tener una producción óptima y en crecimiento. En el proceso de producción, el hombre no sólo actúa sobre la naturaleza que le rodea, sino que desarrolla, además, su experiencia productiva y sus hábitos de trabajo.

A través de los años se han realizado estudios para determinar los estándares de tiempos, que permiten evaluar los recursos necesarios para que las empresas busquen siempre alcanzar los objetivos y ser líderes en el mercado, no estando exceptuado CVG Venalum de estos estudios. La fuerza de trabajo es la condición fundamental de la producción en toda situación.

Es importante destacar que el estudio de fuerza laboral es necesario para establecer un sistema que evalúe la ejecución de las actividades y el buen rendimiento del individuo en el ámbito laboral.

Mediante la siguiente investigación se establecerá la fuerza laboral y cantidad de maquinaria necesaria para el establecimiento de un taller de fabricación y reparación de tapas de celdas electrolíticas de los Complejos de Reducción, donde se llevará a cabo un estudio de tiempos en el cual se realizará un seguimiento a un conjunto de actividades de

pruebas, para la fabricación y reparación de tapas, donde se determinarán todas las variables que implica dicho estudio para dar con el cumplimiento de los resultados esperados.

El propósito de este Taller estaría en cubrir con la demanda de estos componentes que son requeridos de manera periódica en las celdas electrolíticas producto del deterioro que en ellas se originan y además servir de apoyo en el suministro de tapas para las celdas electrolíticas a un plan destinado a normalizar la producción de la empresa, en donde se espera poner en operatividad las 905 celdas instaladas, partiendo de las 224 celdas que actualmente están en producción. Siendo estos componentes de vital importancia para obtener la hermeticidad deseada en el proceso llevado en todas las celdas que estén operando, trayendo esto una serie de beneficios en distintos aspectos como económicos, humanos, operativos y ambientales.

El siguiente proyecto está comprendido por 6 capítulos, los cuales están estructurados de la siguiente manera:

Capítulo I: Se expone la problemática actual que conlleva a la evaluación de la implementación de un taller para la fabricación y reparación de tapas de celdas electrolíticas, los objetivos que se desean alcanzar, el alcance del proyecto, limitaciones e importancia del informe.

Capitulo II: Se detalla aspectos referidos al marco histórico, descripción y marco organizacional de la empresa.

Capitulo III: Se exponen las bases teóricas necesarias para la consecución de los objetivos del estudio.

Capitulo IV: Se presenta el diseño metodológico seguido para la realización del informe.

Capítulo V: Se describe la situación actual presentada en los Complejos de Reducción de los distintos aspectos que inciden con la búsqueda de la hermeticidad en las celdas electrolíticas.

Capítulo VI: Se exponen y analizan los resultados obtenidos de la investigación, donde se analizó y determinó el requerimiento de fuerza laboral estándar para el taller de fabricación y reparación de tapas.

Finalmente se presentan las conclusiones, recomendaciones, bibliografía, apéndices y anexos.

CAPITULO I:

EL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hoy en día el aluminio es un metal abundante, constituyendo un elemento principal en diversas áreas como la fabricación de medios de transportes, ordenadores, mobiliarios, recipientes, entre otros productos, debido a sus características físicas y químicas que lo convierten en un elemento altamente manejable y resistente. Su consumo evoluciona en forma muy acelerada, lo cual se debe a la multiplicidad e importancia de sus aplicaciones y a su gran capacidad para sustituir con ventajas a otros metales. Tanto es así que según los datos estadísticos, el consumo mundial se duplica cada diez años o menos.

CVG Venalum es una industria de capital mixto venezolano y japonés adscrita a la Corporación Venezolana de Guayana (CVG) y al Ministerio del Poder Popular de Industrias. Es la empresa productora de aluminio primario más importante que posee Venezuela y constituye la mayor planta reductora de aluminio primario en Latinoamérica, debido a su gran capacidad instalada. Esta se encarga de producir, transformar, transportar y comercializar lingotes y cilindros de aluminio.

La empresa CVG Venalum efectúa su proceso productivo utilizando como materia prima alúmina, criolita y aditivos químicos (fluoruro de calcio, sodio, litio y magnesio). Dentro del proceso de producción de la planta industrial existen mecanismos de alimentación o áreas que desempeñan un papel fundamental en el funcionamiento de la misma, los cuales son: La Planta de Carbón, Salas de Reducción, Sala de Colada e instalaciones auxiliares.

Las salas de Reducción es donde se realiza la transformación de la alúmina a aluminio a través del proceso de óxido-reducción llevado a cabo en las celdas electrolíticas. En los Complejos se encuentran 905 celdas electrolíticas repartidas en 5 líneas; 720 de tecnología Reynolds situadas en Complejo I y II (comprendida por las líneas I, II, III y IV), 180 de tecnología Hydroaluminium (V Línea) y 5 celdas adicionales V-350 ubicadas también en línea V.

Cada celda electrolítica posee una serie de componentes acoplados a su superestructura (chalecos, esquineros, faldones, tapas frontales, tapas laterales y ductos), que estando todos en buen estado y bien colocados estaría la celda electrolítica hermetizada. Para efectos del estudio los componentes a estudiar serán las tapas laterales cubriendo éstas el 60% del área sujeta a ser hermetizada en el proceso. Cuando las celdas no poseen las tapas o las mismas presentan daños se generan los siguientes problemas:

- Contaminación del medio ambiente producto de las emisiones de gases de Celdas (Efecto invernadero)
- Emisión de radiaciones por calor al medio ambiente.
- Riesgo al trabajador por las emisiones de gases generados y porque los mismos utilizan las tapas como soporte para realizar ajustes en las celdas.
- Baja la eficiencia de las Plantas de Tratamiento de Humos (PTH) aumentando el consumo de Fluoruro de Aluminio en las Celdas, que se traduce en costos por compras de esta materia prima.
- Aumenta el consumo de Carbón Neto (Mayor oxidación).
- Inestabilidad térmica en la celda.

En la presente fecha solo se encuentran operativas 224 celdas de las 905 con que dispone la empresa, es decir se trabaja a un 25% de la capacidad instalada producto de la crisis energética atravesada por el

país en los años 2009 y 2010, que forzó la desincorporación de por lo menos el 40% de las celdas para ahorro energético liberando peso de la red de distribución eléctrica nacional y por otros problemas administrativos posteriores.

La situación anterior trajo consigo graves problemas financieros y operativos, evidenciándose en los complejos de reducción que las tapas que forman parte de cada celda presentan en casi su totalidad un estado de deterioro que impide que el proceso electrolítico ocurrido se efectúe de la manera más óptima, no permitiendo así la hermeticidad requerida; incluso existen celdas operando sin poseer dichas tapas, lo que agrava más aún la problemática, originándose de esta manera la necesidad de reparar las mismas para su reincorporación o de ser desechadas según sea el caso.

CVG Venalum y la empresa china Chalieco han establecido un contrato para la ejecución de un proyecto de Modernización e Incremento de la Productividad de la estatal, para alcanzar la Normalización de la Capacidad Instalada de esta reductora de aluminio primario. Uno de sus sub-proyectos incluye la normalización de las celdas, que tiene como finalidad poner en operatividad el máximo de la capacidad instalada en la planta de forma progresiva hasta el año 2018. Sin embargo este plan no contempla las tapas que se necesitarán, por lo tanto es necesario reparar las que se encuentran dañadas o en su defecto proceder a fabricarlas para cubrir el requerimiento que establece el plan.

CVG Venalum nunca ha fabricado tapas para celdas electrolíticas, todo lo contrario, siempre se ha optado por realizar compras a distintas empresas de la región, siendo la última en el año 2009 según el historial de compras suministrado por el almacén de la empresa. Esto es debido a que los Talleres que posee la empresa (Taller Central y los Talleres ubicados en cada Complejo de Reducción) no poseen espacio suficiente y no tienen capacidad para fabricar estos componentes.

En cuanto a las reparaciones de las tapas, siempre se han ejecutado dentro de la propia empresa en los talleres que ella posee, pero son reparaciones menores cubriendo con las cantidades que se requerían, pero por los problemas citados anteriormente actualmente se tienen volúmenes de tapas demasiado elevados con mayores daños que implica buscar otra alternativa a estos talleres ya que no podrán cumplir con la demanda que será exigida.

Es por ello que está en evaluación un proyecto para la implementación de un Taller de Fabricación y Reparación de tapas para celdas dentro de CVG Venalum con el que se buscará lograr la hermeticidad en todas las celdas de los Complejos de Reducción para dar cumplimiento al Proyecto de Incorporación de Celdas que contempla el Plan de Modernización e Incremento de la Productividad y disminuir al máximo el número de daños que puedan poseer las tapas en el transcurso de sus operaciones una vez normalizada al máximo la capacidad de la planta.

Esto supone una serie de mejoras, en las que destacan la rapidez de obtención de estos componentes, ya que se evitarían todas las operaciones administrativas que se aplican para las compras externas, poseyendo dicho Taller un stock de tapas que facilitaría la inmediatez de entrega de éstas para su posterior uso. También implicaría en teoría una reducción de los costos de adquisición de las tapas, ahorrándose el margen de ganancia que establecerían otras empresas foráneas y otros costos de producción.

Es por esto que se le ha solicitado a la Gerencia Ingeniería Industrial realizar un análisis de requerimiento de Fuerza Laboral y de maquinarias necesarias para la puesta en marcha de dicho Taller, para cubrir con las necesidades de planta en cuanto a la fabricación y reparación de las tapas de celdas.

1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la Fuerza Laboral y maquinarias requeridas para la implementación de un Taller de Fabricación y de Reparación de tapas para las celdas electrolíticas de CVG Venalum.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Diagnosticar la situación actual de las tapas laterales para celdas electrolíticas en los Complejos de Reducción de CVG Venalum.
- 2) Realizar un seguimiento y toma de tiempos a las actividades ejecutadas para la fabricación y las reparaciones de las tapas laterales para las celdas electrolíticas de CVG Venalum.
- 3) Determinar el requerimiento de la fuerza laboral a través del tiempo promedio calculado y la carga de trabajo de las actividades realizadas para la fabricación y reparación de las tapas laterales para celdas electrolíticas de CVG Venalum.
- 4) Determinar el requerimiento de máquinas para el óptimo desempeño de las funciones del taller

1.3 ALCANCE

El estudio a realizar tendrá como finalidad establecer el requerimiento de personal para ejecutar las actividades que se asignaran en el Taller de Fabricación y Reparación de Tapas, así como también las maquinarias necesarias para el funcionamiento óptimo del mismo.

1.4 LIMITACIONES

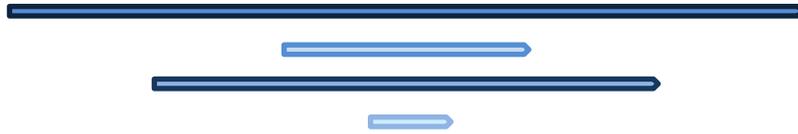
A la hora de realizar el seguimiento de las tapas seleccionadas tanto para fabricación y reparación de las mismas, se encontraron varios elementos limitantes para la realización de dichas pruebas, tales como la falta de

personal para realizar las pruebas debido a que los operadores designados para este fin cubrían otros puestos de trabajo dentro de la empresa y no disponían de todo el tiempo requerido. Así mismo no se disponía de un sitio de trabajo definido, teniéndose que acondicionar un área improvisada, dificultando esto la logística para la realización de estas pruebas. Algunas herramientas/máquinas que fueron solicitadas a distintos departamentos presentaron retrasos en su aprobación e igualmente retrasos en el traslado de las mismas por poca disponibilidad de montacargas.

Otro elemento limitante fue la poca disponibilidad de materia prima para la fabricación de tapas, ya que los pedidos tardaban en llegar y solo llegó material para fabricar solo una tapa de la celda V Línea, por lo que el tiempo de fabricación del otro modelo de tapa (para celda P – 19) fue estimado en función a las piezas que la componen. Todos estos elementos condujeron a que se realizaran mediciones incompletas no siendo estas muestras tan representativas tanto para la fabricación como para la reparación de tapas.

1.5 IMPORTANCIA DEL TRABAJO

Para garantizar el desarrollo del proceso productivo en toda empresa el factor más importante es el recurso humano. Es por ello, que la importancia de la presente investigación radica en dar solución al planteamiento de la creación de un Taller de Fabricación y Reparación de tapas con respecto al requerimiento de este recurso. Realizar evaluaciones del requerimiento de fuerza laboral es muy importante, ya que permitirá dotar a CVG Venalum para la toma de decisiones con las que podrá definir la cantidad de recurso humano y maquinaria necesaria que garantice el desempeño óptimo de este Taller ayudando al mejoramiento productivo de la empresa y a cumplir con el plan de normalización de la planta. Además fortalece los lazos de integración entre la empresa y la casa de estudios UNEXPO, ya que esta casa de estudios brinda los conocimientos esenciales al estudiante para la



consecución de los objetivos planteados por la empresa sirviendo a su vez de apoyo para la formación académica del futuro ingeniero industrial.

CAPITULO II

GENERALIDADES DE LA EMPRESA

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

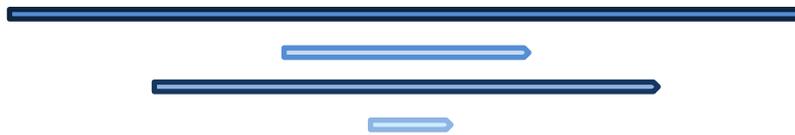
La empresa CVG Venalum se encarga de producir aluminio, utilizando como materia prima la alúmina, criolita y aditivos químicos (fluoruro de aluminio, calcio, sodio, litio y magnesio). Este proceso de producción de aluminio se realiza en Celdas Electrolíticas.

Dentro del proceso de producción de la planta industrial, existen mecanismos de alimentación o áreas que desempeñan un papel fundamental en el funcionamiento de la misma, los cuales son: La Planta de Carbón, Sala de Colada, Salas de Reducción e instalaciones auxiliares.

2.2 RESEÑA HISTÓRICA

El 29 de agosto de 1973 se constituyó la empresa Industria Venezolana de Aluminio C.A., CVG Venalum, con el objeto de producir aluminio primario en diversas formas, destinado a satisfacer el mercado nacional y en mayor medida, de manera competitiva al mercado internacional.

La razón de la escogencia de la región de Guayana, en Venezuela, como centro de la industria venezolana de aluminio no obedece a motivos fortuitos. La posibilidad de navegación de grandes barcos por el río Orinoco, en una distancia aproximada de 184 millas náuticas (341 kilómetros), hasta el Mar Caribe y de allí a todos los puertos del mundo, aumentan las potencialidades de comercialización de los productos de la región de Guayana, contribuyendo al crecimiento económico de Venezuela.



La disponibilidad de bauxita y de energía eléctrica en la región, y la capacidad de obtención de alúmina, aunado a las facilidades de comunicación y transporte que ofrece el río Orinoco, determina una notable interdependencia en materias de insumos y un alto grado de integración vertical en el proceso de producción de aluminio en Guayana.

Basada inicialmente en tecnología japonesa SHOWA DENKO KK, ostenta una capacidad operativa de 150.000 t al año, proyectándose como un motor de progreso y desarrollo socioeconómico para la nación, razón por la cual, en octubre de 1974, se negocia con el grupo japonés una modificación de la distribución de las acciones de la organización, que hasta entonces reservaba para el consorcio oriental una mayoría del 80%, quedando el 20% restante en manos de la Corporación Venezolana de Guayana (CVG) y el Fondo de Inversiones de Venezuela (FIV). El cambio de la estructura contempló invertir el paquete de acciones, de tal manera que la organización Nipona, redujo su participación al 20%, pasando al FIV y a la CVG el 80% de las acciones.

El 11 de Diciembre de 1974 el capital fue aumentado a 550.000.000 bolívares por resolución de la Asamblea General Extraordinaria de Accionistas. En Octubre de 1978 el capital se incrementó a 750.000.000 bolívares. Donde este aumento fue totalmente suscrito por el Fondo de Inversiones de Venezuela (FIV). Finalmente el 12 de Diciembre de 1978 por resolución de la Asamblea de Accionistas, el capital fue aumentado a 1.000.000.000 bolívares (ver Tabla N° 1).

Tabla 1: Composición del Capital CVG VENALUM

Inversionista	Capital (Bs)	Capital (%)
FIV	612.450.000	61,24
CVG	187.550.000	18,76
CONSORCIO JAPONES	200.000.000	20

Fuente: Manual de inducción de CVG Venalum

Luego CVG Venalum CA al obtener una participación mayoritaria contrata a Reynolds Internacional Incorporated para prestar asesoramiento técnico en la construcción de una planta con una capacidad de 280.000 t/año. Aunque desde enero de 1978 se había dado inicio a la producción de aluminio primario con el pleno funcionamiento de la planta de carbón y de la primera celda de reducción, fue el 10 de junio que se hizo la inauguración oficial de esta industria, realizando a finales de ese mismo año, la primera exportación del producto a Japón, iniciando de esta manera una fuente de ingreso de divisas para el país.

Para el año 1986 se obtiene en CVG Venalum cifras que arrastran un 17% de incremento con respecto a la producción de 1985, para noviembre de ese mismo año se alcanzan anticipadamente las metas del programa de aumento de amperaje, este aumento se debió no solo a una intensificación de trabajo de Celdas y por ende la planta de Carbón y Colada, sino también porque muchos de sus procesos productivos se han simplificado producto de los esfuerzos de investigación.

Esto se traduce en un mayor rendimiento global y una importante disminución de los costos operativos, por esto para garantizar la continuidad de ese aumento productivo se decide iniciar un ambicioso proyecto de mejoras operativas y ampliación de la planta con una nueva línea de producción (V Línea), la cual comenzó a construirse en 1986. Esta estaría formada por 180 Celdas Electrolíticas equipadas con ánodos pre cocidos que operan a 230 KA y 93% de eficiencia de corriente, con un consumo de energía de 13.6 KwH/Kg de Aluminio al utilizar tecnología Hydro Aluminium de Noruega.

El 31 de octubre de 1988 se inaugura la V Línea de Reducción, cuya ejecución se prolonga haciendo posible para el año 1990, el aumento de la capacidad productiva total a 430.000 t al año lo que la convierte en la operadora de aluminio con mayor potencial del continente, a la par con los avances tecnológicos y las exigencias del mercado.

En consonancia con el proceso de mejoramiento continuo y utilizando como recurso el talento nacional, CVG Venalum desarrolló su propia tecnología de reducción, la celda V-350, la cual se encuentra entre las más avanzadas tecnologías de reducción, con ventajas en costos de inversión y operación, algo fundamental para el lanzamiento de un plan de crecimiento.

El desarrollo de la celda V-350 fue concebido por ingenieros venezolanos de la empresa, quienes basándose en las tecnologías existentes y desarrollando los modelos electromagnéticos, térmicos y mecánico-estructurales así como los sistemas automatizados, lograron diseñar una celda que supera todos los índices de productividad que hasta ese momento se conocían en la Empresa. Esta celda de alto amperaje implica mayor capacidad de producción, menor inversión por tonelada métrica de aluminio producido y en consecuencia, mayor rentabilidad al reducirse los costos de producción.

La celda V-350 representa el punto de partida para la consolidación de los proyectos de expansión de la industria del aluminio en Venezuela, así como para el desarrollo y posterior venta de tecnología en la industria mundial del aluminio. En el transcurso del año 1993, la CVG Venezolana del Aluminio CA (CVG Venalum) contribuye al fortalecimiento del sector aluminio, integrándose administrativamente a CVG Bauxilum, CVG Alcasa y CVG Carbonorca. Esta unión estratégica consolida un anhelo de la CVG, favoreciendo a la industria para cubrir sus expectativas y trazarse nuevas metas. La constitución de esta nueva sociedad trajo consigo complejidades e ineficiencia en el desenvolvimiento competitivo de las Empresas del Aluminio en los mercados, fue entonces cuando la Asamblea General de Accionistas de la Empresa Corporación de Aluminios de Venezuela (CAVSA) conjuntamente con el Directorio de la Corporación Venezolana de Guayana, aprobó el 4 de Abril de 2002, la disolución de esta sociedad obteniendo cada empresa su autonomía de gestión.

A raíz de la disolución de estas Empresas, CVG Venalum modificó su estructura organizativa y teniendo ya su autonomía decidió adecuarse a la nueva versión de la ISO 9001:2000, la cual especifica los requisitos para los Sistema de Gestión de la Calidad aplicables a toda organización.

CVG Venalum trabajando sobre esta nueva meta, logró cumplir con todos los requisitos exigidos por la ISO 9001:2000, implantando satisfactoriamente el Sistema de Gestión de la Calidad el 30 de enero de 2004 en el proceso de Colada y toda la línea de productos, también en enero de 2005 se logró la certificación de Reducción y para julio del mismo año se culminó con las auditorías a Planta Carbón para evaluar su posterior certificación. El 11 de octubre de 2005 recibió la certificación ISO 9001: 2000 en la línea de fabricación de ánodos de carbón para plantas reductoras de aluminio, otorgado por el ente certificador Fondo para la Normalización y Certificación de la Calidad (Fondonorma) y por la Red de Certificación Internacional (IQNET), motivándose así a continuar por el Sendero de la Excelencia, orientado hacia el logro del Mejoramiento Continuo.

En el año 2005, CVG Venalum dio un gran salto adelante con el inicio del plan de implantación del sistema de gestión ambiental, basado en la norma COVENIN-ISO 14001, con miras a obtener la certificación del sistema. Uno de los proyectos emprendidos por CVG Venalum para adecuar el proceso con dicha norma es ajustar el proceso de fabricación de ánodos que consiste en la realización de mejoras en el colector de polvo K300 de Molienda y Compactación, garantizando una alta eficiencia en la colección exclusiva de polvo de cabo e instalación de un sistema de condensado de gases alquitranados para fundidores y silos de almacenamiento de alquitrán.

La Gerencia Reducción, también a la vanguardia, lidera el Proyecto de Hermeticidad de Celdas, cuyo objetivo ambiental es el de prevenir la contaminación en las salas de Celdas y mejorar las condiciones de

trabajo; también se han obtenido logros importantes en las Plantas de Tratamiento de Humos de Celdas (PTH), con la adecuación del sistema de energía eléctrica de las PTH de Complejo II.

Desde su inauguración oficial, CVG Venalum se ha convertido, paulatinamente en uno de los pilares fundamentales de la economía venezolana, siendo a su vez en su tipo, la planta más grande de Latinoamérica, con una fuerza laboral de 4400 trabajadores aproximadamente y una de las instalaciones más modernas del mundo; produciendo anualmente 430.000 t de aluminio primario.

Sin embargo en el 2009, se puso en marcha el Plan de Ahorro Energético en el país, el cual requería de la empresa 300 MW, cantidad equivalente de 400 celdas menos, las cuales debieron ser apagadas, dejando a la empresa con el 55,8% de su capacidad instalada. En el 2011, gran cantidad de celdas cumplieron vida útil y se apagaron, dejando a la planta con 230 celdas operativas aproximadamente, quedando 24,73% operativa.

2.3 CVG VENALUM, HOY:

La planta tiene una capacidad instalada de 430.000 toneladas al año aproximadamente; sin embargo, en los últimos años la capacidad de la misma no se apega a la instalada. El número de celdas electrolíticas encendidas que debería ser de 905, es de 224, lo que significa que la capacidad ha bajado al 25% de su capacidad. En promedio, hoy en día la planta puede producir alrededor de 124.000 toneladas al año.

2.4 ESPACIO FÍSICO

La empresa cuenta con un área suficiente para su infraestructura actual y para desarrollar aún más su capacidad en el futuro (Ver tabla N° 2)

Tabla 2: Divisiones de la Empresa

Área total	1.455.634,78 m ²
Área techada	233.000 m ² (Edificio Industrial)
Área construida	14.808 m ² (Edificio Administrativo)
Áreas verdes	400.000 m ²
Carreteras	10 Km.

Fuente: Manual de Inducción de CVG Venalum

2.5 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

CVG Venalum está 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 N° 1)

La escogencia de la zona de Guayana, se debe a los privilegios y virtudes de esta región:

- Integrada por los Estados Bolívar, Delta Amacuro y Amazonas, esta zona geográfica ubicada al sur del Río Orinoco y cuya porción de 448.000 km² ocupa exactamente la mitad de Venezuela, reúne innumerables recursos naturales.
- El agua constituye el recurso básico por excelencia en la región guayanesa, regada por los ríos más caudalosos del país, como el Orinoco, Caroní, Paraguas y Cuyuní, entre otros.
- La presa “Raúl Leóni” en Gurí, con una capacidad generadora de 10 millones de kW, es una de las plantas hidroeléctricas de mayor potencia instalada en el mundo, y su energía es requerida por las empresas de Guayana, para la producción de acero, alúmina, aluminio, mineral de hierro y ferro silicio.



- La navegación a través del Río Orinoco en barcos de gran calado en una distancia aproximada de 184 millas náuticas (314km) hasta el Mar Caribe.

Todo esto fija a CVG Venalum su notable independencia en materia de insumos y un alto grado de integración vertical en el proceso de producción de aluminio.



Figura 1: Ubicación de la Empresa
Fuente: Manual de Inducción de CVG Venalum

2.6 FILOSOFÍA DE GESTIÓN

2.6.1 MISIÓN

CVG VENALUM tiene por misión producir, vender y comercializar Aluminio y productos del Aluminio, de manera eficaz, eficiente, sustentable y de calidad para satisfacer las necesidades de transformación, en función a la capacidad instalada y tipos de productos, con el propósito de impulsar el desarrollo integral de la nación, generando bienestar en los trabajadores, trabajadoras, proveedores y clientes, avanzando en la cristalización de las bases de la sociedad socialista.

2.6.2 VISIÓN

CVG VENALUM será una entidad de trabajo capaz de garantizar la producción y transformación de aluminio de manera eficaz, eficiente, sustentable y de calidad en función a la capacidad instalada, en un ambiente de bienestar y compromiso social para cubrir las necesidades

de uso, priorizando la demanda nacional, en base a la integración, fusión y consolidación socialista de toda la cadena productiva del aluminio, con el fin de lograr y mantener el desarrollo integral de la patria, generando la mayor suma de felicidad posible a nuestro pueblo.

2.6.3 OBJETIVOS ESTRATÉGICOS

- Producir aluminio de manera eficaz, eficiente, sustentable y de calidad.
- Vender y comercializar aluminio de manera eficaz, eficiente, sustentable y de calidad.
- Garantizar trabajadores y trabajadoras formadas y motivadas que laboren en condiciones de trabajo segura y saludable.
- Impulsar el desarrollo integral de la nación.
- Garantizar la satisfacción de los clientes, considerando sus requerimientos y expectativas.
- Adecuar la empresa a las regulaciones de Ambiente, Seguridad y Salud Laboral vigentes, para contribuir y mejorar la calidad de vida de los trabajadores y las comunidades de su entorno.
- Diversificar los proveedores y generar relaciones confiables.
- Impulsar la participación activa y plena de trabajadores y trabajadoras.
- Garantizar la recuperación de la capacidad instalada.
- Garantizar los sistemas de gestión a través del mantenimiento y la mejora continua.



2.6.4 PRINCIPIOS Y VALORES

Honestidad y Probidad, Responsabilidad, Identidad, Trabajo en equipo, Moral y Ética, Equidad, Conciencia Ecológica, Solidaridad, Orden y Limpieza, Tolerancia, Humildad, Eficacia, Efectividad, Eficiencia, Corresponsabilidad, Planificación, Participación, Interés Colectivo, Justicia, Igualdad, Sustentabilidad, Integralidad, Perfectibilidad, Lealtad Institucional.

2.7 POLÍTICA DE C.V.G VENALUM

2.7.1 POLÍTICA INTEGRAL DE LOS SISTEMAS DE GESTIÓN

CVG VENALUM, con la participación de sus trabajadores, trabajadoras y proveedores, produce, vende, y comercializa aluminio, mejora continuamente los sistemas de gestión, comprometiéndose a:

1. Garantizar los requerimientos del cliente.
2. Prevenir la contaminación ambiental.
3. Cumplir la legislación vigente y otros requisitos que suscriba la empresa, en materia de Calidad, Ambiente, Seguridad y Salud Laboral

2.7.2 POLÍTICA DE PRODUCTIVIDAD Y RENTABILIDAD

La Empresa deberá orientar su gestión a garantizar la máxima productividad y rentabilidad en armonía con el avance técnico de la industria y la situación del mercado del aluminio, explotando las oportunidades de sinergia de acción que identifiquen los diferentes ámbitos de competencia

2.7.3 POLÍTICA COMERCIAL

En materia de comercialización, la empresa deberá emprender acciones para garantizar el máximo valor agregado de la cesta de productos,

conciliando la excelencia técnico-económica con el máximo retorno de mercado.

2.7.4 POLÍTICA SOCIAL

CVG VENALUM como empresa del Estado venezolano a fin de contribuir con el desarrollo de la economía nacional, impulsará proyectos de carácter socioeconómicos, generadores de empleo y bienestar social para la región, que elevan la calidad de vida de la comunidad que la circunda.

2.7.5 POLÍTICA DE DESARROLLO

CVG VENALUM deberá impulsar el desarrollo integral y sostenido del sector del aluminio, orientando su acción como una extensión regional del Estado en pro de la reactivación, desarrollo y consolidación de la cadena transformadora nacional y del parque metalmecánico conexo

2.7.6 POLÍTICA AMBIENTAL

CVG VENALUM empresa productora de aluminio garantiza el mejoramiento Continuo de los procesos y se compromete a cumplir con la legislación ambiental vigente, contribuir con la prevención y control de la contaminación, con especial énfasis en las emisiones atmosféricas, efluentes industriales y el manejo integral de los desechos para la conservación del ambiente.

2.8 FUNCIONES

La industria venezolana del aluminio, tiene con principal función producir y comercializar aluminio primario y sus derivados en forma rentable. Para cumplir con este propósito C.V.G. VENALUM se orienta hacia aquellos productos y mercados que resulten estratégicamente atractivos. Es una empresa dedicada a la excelencia, a los costos más bajos posibles de la industria y participar en aquellos negocios que ofrezcan las mayores posibilidades de crecimiento y utilidad. Entre las funciones que conforman la industrial del aluminio se pueden mencionar:

- Producción: Alcanzar el nivel óptimo de productividad, respondiendo a las exigencias del mercado bajo controles de calidad establecidos, asegurando las mejores condiciones de rentabilidad y seguridad, en concordancia con la capacidad instalada y de acuerdo a las exigencias de los mercados internacionales con relación a calidad, costo y oportunidad.
- Comercialización: Optimizar la gestión de comercialización para elevar las ventas de la empresa y cumplir oportunamente con los requerimientos y necesidades del mercado.
- Tecnología: Establecer y desarrollar la tecnología adecuada para alcanzar una producción eficiente, que aumente la competitividad de la industria del aluminio.
- Mercado y Ventas: Maximizar los ingresos de la empresa mediante la venta de productos, cumpliendo oportunamente con los clientes, con la calidad requerida y a precios competitivos.
- Procura: Garantizar la adquisición de materia prima, equipos, insumos y servicios en la calidad y oportunidad requerida a costos competitivos.
- Finanzas: Mantener una adecuada estructura financiera que contribuya a mejorar la competitividad y el valor de la empresa.
- Organización: Disponer de una óptima estructura organizativa de los sistemas de soportes que faciliten el cabal cumplimiento de los objetivos de la empresa.
- Recursos Humanos: Disponer de un recurso humano competente, identificado con la organización de la empresa y asegurar que sea el más efectivo y especializado.
- Imagen: Proyectar a C.V.G. VENALUM como una empresa rentable competitiva vinculada con el desarrollo nacional y regional

2.9 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA

CVG VENALUM se encuentra estructurada por diferentes niveles y cada uno ejecuta una función determinada. La organización se encuentra

fraccionada en gerencias, ya sean del área administrativa como también del área operativa. A continuación se presenta la Estructura Organizativa de la Empresa (Ver figura N° 2):

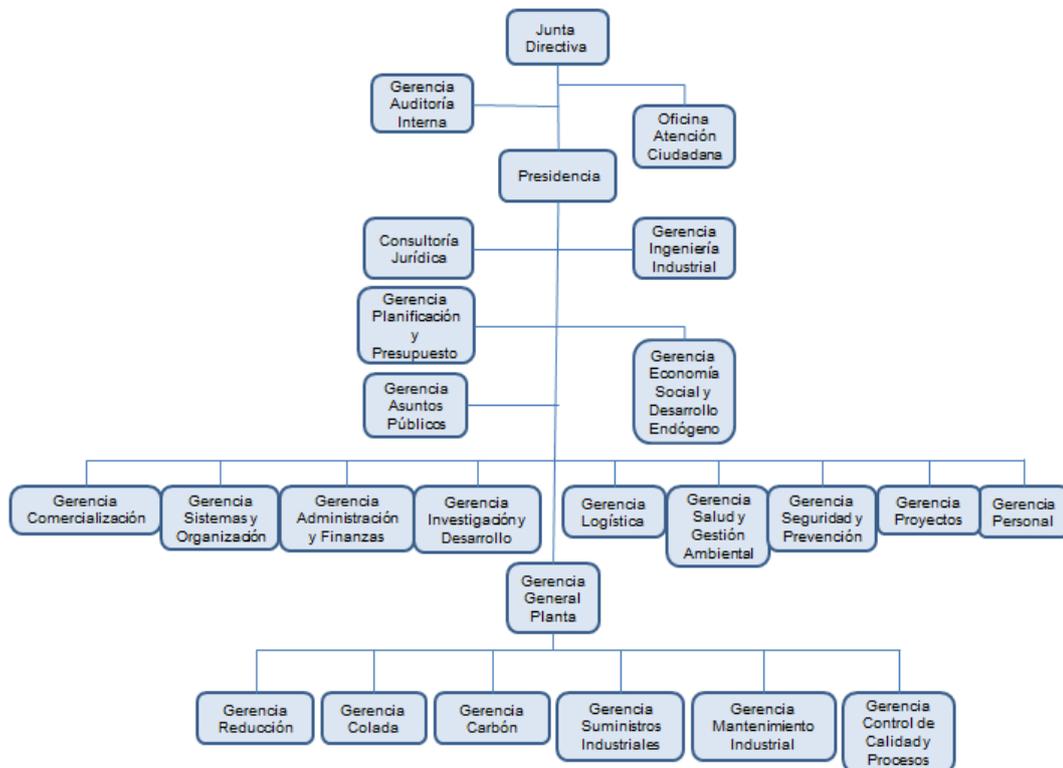


Figura 2: Intranet CVG VENALUM
Fuente: Manual de inducción de CVG VENALUM

2.10 SECTOR PRODUCTIVO

La industria del aluminio CVG VENALUM, es una empresa de sector productivo secundario, ya que ésta se encarga de transformar la alúmina (materia prima) en aluminio, el cual es procesado en diferentes formas: cilindros, pailas, lingotes, etc., de acuerdo a los pedidos realizados por sus clientes.

2.11 PRODUCTOS ELABORADOS

La empresa CVG VENALUM produce aluminio de acuerdo a las especificaciones de los clientes nacionales e internacionales. La demanda de los productos es conocida, se produce en forma continua y se

distribuye los pedidos por lote, el 27 por ciento de la producción es para satisfacer el mercado internacional y el 73 por ciento para consumo nacional. El aluminio producido sale de las formas siguientes:

- Lingotes de 22 kg.
- Lingotes de 10 kg.
- Lingotes de 680 kg (Pailas).
- Cilindros para extrusión de diferentes longitudes y diámetros.

2.12 TIPO DE MERCADO

La estructura de mercado de esta industria es del tipo Monopolio de Estado, por ser una de las dos industrias del aluminio existentes en el país, las cuales no compiten entre sí por pertenecer a la misma corporación.

2.13 PROCESO PRODUCTIVO DE C.V.G VENALUM

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

El proceso de Reducción del Aluminio en CVG VENALUM, consiste en separar el Oxígeno de la Alúmina para producir aluminio en estado líquido, estando inmerso en un baño electrolítico bajo los efectos de una corriente eléctrica directa suministrada por una fuente externa, la cual circula desde un ánodo (polo positivo) hacia un cátodo (polo negativo). El Oxígeno se combina con el Carbono contenido en el ánodo y forma gas carbónico el cual se libera, mientras que el aluminio se precipita y se deposita en el cátodo en estado líquido. Se tiene entonces que mediante un consumo controlado de alúmina, carbón, corriente y aditivos químicos se obtienen como resultado aluminio en estado líquido.

Los diferentes procesos se desarrollan en las Plantas de Carbón (fabricación de ánodo), Reducción (producción de aluminio líquido) y Colada (producción de lingotes y cilindros de aluminio), sin embargo, adicionalmente existen instalaciones auxiliares que actúan como mecanismos de alimentación desempeñando un papel fundamental en el funcionamiento de las subestructuras anteriores.

A continuación se presenta un gráfico del Proceso Productivo (Ver figura Nº 3):



Figura 3: Proceso Productivo de CVG VENALUM
Fuente: Intranet CVG Venalum

2.14 ÁREAS DE PRODUCCIÓN

CVG Venalum consta de 3 plantas básicas para la obtención de sus distintos productos.



2.14.1 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 construyen los bloques de ánodos verdes a partir de coque 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. La Planta de Pasta Catódica produce la mezcla de alquitrán y antracita que sirve para revestir las celdas, que una vez cumplida su vida útil, se limpian, se reparan y reacondicionan con bloques de cátodos y pasta catódica. (Ver figura N° 4)



Figura 4: Vista de la Planta de Carbón. CVG Venalum C.A
Fuente: Intranet CVG Venalum

2.14.2 PLANTA DE 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 está compuesta por Complejo I, II, y V Línea para un total de 900 celdas, 720 de tecnología Reynolds y 180 de tecnología Hydro-Aluminun. Asimismo, en V Línea 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 N° 6)

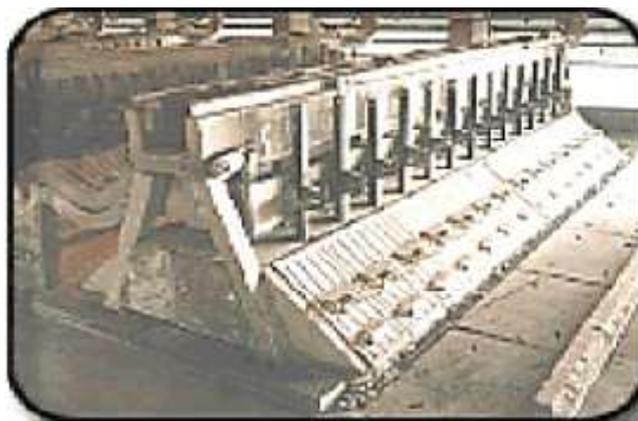


Figura 5: Celda de Reducción Electrolítica. C.V.G Venalum C.A
Fuente: Intranet <http://venalumi>

2.14.3 PLANTA DE 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 está listo para la venta a los mercados nacionales e internacionales. (Ver figura N° 5)



Figura 6: Sala de Colada. CVG Venalum
Fuente: Intranet CVG Venalum

2.15 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE PASANTÍA

La investigación será realizada bajo la dirección de la Coordinación Ingeniería Económica adscrita a la Gerencia Ingeniería Industrial y el proyecto asignado tendrá lugar en el área de reducción ya que contempla el requerimiento de Fuerza laboral que necesitara un Taller para la fabricación y reparación de tapas de las celdas electrolíticas.

2.15.1 GERENCIA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Es una unidad staff adscrita a la Presidencia. Tiene como misión suministrar servicios de asesoría y asistencia técnica en materia de Ingeniería de Métodos e Ingeniería Económica que garanticen la calidad y conlleven a la optimización en el uso de los recursos de la empresa así como la mejora continua de sus procesos.

2.15.1.1 OBJETIVO GENERAL

Suministrar servicios de asesoría y asistencia técnica en materia de Ingeniería Económica y Métodos, que garanticen la calidad y que conlleven a la optimización en el uso de los recursos de la empresa, así como la mejora continua de los procesos.

- **Naturaleza:** Es una unidad funcional de staff adscrita directamente a la Presidencia de la Empresa.
- **Misión:** Suministrar servicios de asistencia técnica en materia de Ingeniería de Métodos e Ingeniería Económica que conlleven a la racionalización y optimización en el uso de los recursos de la empresa, así como la mejora continua de sus procesos.

Filosofía de la Gerencia Ingeniería Industrial:

- Racionalización de recursos en la organización se justifica para el mejoramiento de la productividad.
- La factibilidad de la inversión es solo condiciones para su éxito.
- Los sistemas, la estructura organizativa y el recurso humano adecuado son los elementos claves para las inversiones capitalizables y contrataciones de servicios con resultados positivos.
- Soluciones prácticas y rentables.
- Enfoque sistemático de métodos

2.15.1.2 FUNCIONES

- Determinar la fuerza laboral óptima de las diferentes áreas de producción y servicios a fin de estandarizar, racionalizar y optimizar el uso de los mismos.
- Asegurar la asistencia técnica requerida para diseño e implementación de métodos de trabajo, practicas operativas y prácticas de mantenimiento dirigidas al funcionamiento constante y sostenido de la productividad; así como la eliminación de esfuerzos.
- Asegurar la asistencia técnica para la determinación de las alternativas de inversión rentables cónsonas con la naturaleza y misión de la empresa y adecuada capacidad técnica y administrativa.

- Proponer desarrollo de proyectos de mejoras que permitan la evaluación de áreas de oportunidad que ameriten atención especializada de las áreas bajo su dependencia.
- Realizar estudios y análisis de factibilidad que permita determinar la realidad técnica y económica de los proyectos planteados, incluyendo objetivos, alcances, antecedentes, beneficios que se esperan y costos estimados de inversión.
- Evaluar métodos de trabajos implantados a los fines de verificar su efectividad y eficiencia y corregir las desviaciones a que hubiere lugar.
- Determinar estándares básicos de producción, mano de obra y gastos, para llevar un mejor control sobre la función y utilización de los mismos y facilitar la gestión gerencial.
- Asistir a la Presidencia de CVG Venalum, en la revisión de precios unitarios de las solicitudes de pago de servicio, mediante el análisis costo-beneficio a través de la aplicación de los modelos matemáticos, a fin de garantizar su consecuencia y facilitar la toma de decisiones.

CAPITULO III

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se desarrollarán las bases teóricas necesarias para sustentar el trabajo que se realizará, mediante el estudio de fuerza laboral y maquinaria necesaria para la implementación de un Taller de fabricación y reparación de tapas laterales de celdas electrolíticas. Por medio de las referencias teóricas, se determinará la aplicación y las herramientas que se utilizarán para dicho estudio, con la finalidad de obtener los resultados esperados.

3.1 INGENIERÍA DE MÉTODOS

El Estudio de Métodos o Ingeniería de Métodos es una de las más importantes técnicas del Estudio del Trabajo, que se basa en el registro y examen crítico sistemático de la metodología existente y proyectada utilizada para llevar a cabo un trabajo u operación. El objetivo fundamental del Estudio de Métodos es aplicar métodos más sencillos y eficientes para de esta manera aumentar la productividad de cualquier sistema productivo.

3.1.1 IMPORTANCIA DE LA INGENIERÍA DE MÉTODOS EN UN SISTEMA PRODUCTIVO

Si se considera al departamento de producción como el corazón de una empresa industrial, las actividades de métodos, estudio de tiempos y salarios son el corazón del grupo de fabricación. Más que en cualquier otra parte, es aquí donde se determina si un producto va a ser producido de manera competitiva. También es aquí donde se aplican la iniciativa y el ingenio para desarrollar herramientas, relaciones hombre-máquina y estaciones de trabajo eficientes para trabajos nuevos antes de iniciar la



producción, asegurando de este modo que el producto pase las pruebas frente a la fuerte competencia. En esta fase es donde se emplea continuamente la creatividad para mejorar los métodos existentes y afirmar a la empresa en posición adelantada en su línea de productos. En esta actividad se puede mantener buenas relaciones laborales mediante el establecimiento de normas justas de trabajo, o bien, dichas relaciones pueden resultar afectadas adversamente por la adopción de normas inequitativas.

3.2 MEDICIÓN DE TRABAJO

La Medición del Trabajo es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida efectuándola según una norma de ejecución preestablecida.

La medición de los tiempos de trabajo es una herramienta fundamental de la Ingeniería de Métodos, pues el diseño, la ejecución, el control y el mejoramiento continuo de éstos dependen, de manera directa, de los resultados de su seguimiento y monitoreo, obtenidos a partir del registro apropiado y correcto de los tiempos de trabajo correspondientes.

En la figura siguiente se muestra la relación existente entre la Ingeniería de Métodos y la medición del trabajo. (Ver figura N° 7)



Figura 7: Relación existente entre la ingeniería de Métodos y medición de trabajo.
Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos98/medicion-del-trabajo-tiempos-y-movimientos/medicion-del-trabajo-tiempos-y-movimientos.shtml>:



3.3 ESTUDIO DE TIEMPOS

El Estudio de Tiempos es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución preestablecida

3.3.1 HERRAMIENTAS PARA EL ESTUDIO DE TIEMPOS

El Estudio de Tiempos demanda cierto tipo de material fundamental: Cronómetro, Tablero de observaciones (Clipboard) y Formularios de estudio de tiempos. Vale la pena aclarar que en el tiempo en el que vivimos todas estas herramientas pueden reemplazarse por sus equivalentes electrónicos.

Los anteriores, son los útiles que se deben portar en todo momento por el especialista en tiempos, sin embargo, existen una serie de elementos con los que este debe contar; por ejemplo, calculadoras e incluso ordenadores personales, además de tener al alcance instrumentos de medición dependiendo de las operaciones que incluya el proceso.

Los instrumentos necesarios para la realización de estudio de tiempo son los siguientes:

Cronómetro

La Oficina Internacional del Trabajo recomienda para efectos del estudio de tiempos dos tipos de cronómetros:

- ❖ El mecánico: que a su vez puede subdividirse en ordinario, vuelta a cero, y cronómetro de registro fraccional de segundos.
- ❖ El electrónico: que a su vez puede subdividirse en el que se utiliza solo y el que se encuentra integrado en un dispositivo de registro.

Sea cual sea el cronómetro elegido, siempre se tiene que recordar que un reloj es un instrumento delicado, que puede presentar deficiencias si presenta problemas de calibre (en el caso de los mecánicos) o problemas de carga energética (en el caso de los electrónicos). Es recomendable que el cronómetro utilizado para el estudio de tiempos sea exclusivo de estos menesteres, que deben manipularse con cuidado, dejar que se paren en periodos de inactividad y periódicamente se deben mandar a verificar y limpiar.

Tablero para formularios de estudio de tiempos

Este elemento es sencillamente un tablero liso, anteriormente se utilizaba de madera contrachapada, hoy en día se producen en su mayoría de un material plástico. En el tablero se fijan los formularios para anotar las observaciones. Las características que debe tener el tablero son su rigidez y su tamaño, esto último deberá ser de dimensiones superiores a las del formulario más grande. Los tableros (Clipboard) pueden o no tener un dispositivo para sujetar el cronómetro, de tal manera que el especialista pueda quedar con las manos libres y vea fácilmente el cronómetro. En la actualidad pueden conseguirse tableros que integren cronómetros electrónicos e incluso calculadoras, estos son una herramienta que simplifica mucho los movimientos del especialista.

3.3.1.1 FORMULARIOS PARA EL ESTUDIO DE TIEMPOS

Un Estudio de Tiempos, demanda el registro de gran cantidad de datos (descripción de elementos, observaciones, duración de elementos, valoraciones, suplementos, notas explicativas). Es posible que tanto los tiempos, como las observaciones puedan consignarse en hojas en blanco o de distinto formato cada vez, sin embargo, sería una gran contradicción que quién se encarga de la normalización de un proceso no tenga estandarizada una metodología de registro, y esto incluye los formularios. Por otro lado, los formularios normalizados prácticamente obligan a seguir cierto método, minimizando el riesgo de que se escapen datos esenciales.

Cada Ingeniero, cada especialista, cada empresa consultora que se encargue de un Estudio de Tiempos, puede crear o adaptar sus propios formularios, por ende deben existir tantos formularios como ingenieros, sin embargo, profesionales de gran trayectoria en este rubro presentan modelos que han dado buenos resultados en materia de practicidad en los estudios de orden general.

Los formularios pueden clasificarse en dos categorías:

- ❖ Formularios para consignar datos mientras se hacen las observaciones.
- ❖ Formularios para estudiar los datos reunidos.
- ❖ Formularios para reunir datos.

Los formularios para reunir los datos deben cumplir con una característica fundamental y ésta es la "practicidad", pues es muy común diseñar un formato muy bien elaborado en cuanto a relevancia de los datos, pero que en la práctica dificulta el registro; uno de los errores más comunes es el tamaño de las celdas, pues en la práctica es un problema sumamente incómodo.

Los formularios para reunir los datos deben contener por lo menos:

- Primera hoja de estudio de tiempos: en la cual figuran los datos esenciales sobre el estudio, los elementos en que fue descompuesta la operación y los cortes que los separan entre ellos.
- Hojas siguientes: Estas hojas se utilizan en caso de ser necesario para los demás ciclos del estudio. No es necesario los epígrafes de encabezado, por ende solo contendrá columnas y los campos para el número del estudio y la hoja.



- Formulario para ciclo breve: Este tipo de formulario es empleado cuando los ciclos a estudiar son relativamente cortos, por ende una fila puede contener todas las observaciones de un elemento. Es muy parecido a un formulario resumen de datos.
- Formularios para analizar los datos reunidos

Los formularios para analizar los datos reunidos deben contener por lo menos:

- Hoja de trabajo: Esta hoja se utiliza para analizar los datos consignados durante las observaciones y hallar tiempos representativos de cada elemento de la operación. Al existir tantas maneras de analizar los datos, algunos especialistas recomiendan usar hojas rayadas corrientes.
- Hoja de resumen del estudio: En esta hoja se transcriben los tiempos seleccionados o inferidos de todos los elementos, con indicación de respectiva frecuencia, valoración y suplementos.
- Hoja de análisis para estudio: Esta hoja sirve para computar los tiempos básicos de los elementos de la operación.
- Suplementos: Estos deben consignarse en una hoja especial e independiente.

3.3.2 EJECUCIÓN DEL ESTUDIO DE TIEMPOS

Es importante que el analista registre toda la información pertinente obtenida mediante observación directa, en previsión de que sea necesario consultar posteriormente el estudio de tiempos.

La información se puede agrupar como sigue:

- Información que permita identificar el estudio cuando se necesite.

- Información que permita identificar el proceso, el método, la instalación o la máquina.
- Información que permita identificar al operario.
- Información que permita describir la duración del estudio.

3.3.3 ACTITUD FRENTE AL TRABAJADOR

- El estudio debe hacerse a la vista y conocimiento de todos.
- El analista debe observar todas las políticas de la empresa y cuidar de no criticarlas con el trabajador.
- No debe discutirse con el trabajador ni criticar su trabajo sino pedir su colaboración.
- Es recomendable comunicar al sindicato la realización de estudios de tiempos.
- El operario espera ser tratado como un ser humano y en general responderá favorablemente si se le trata abierta y francamente.

Para realizar un Estudio de Tiempo se debe

- ❖ Descomponer el trabajo en elemento.
- ❖ Desarrollar un método para cada elemento.
- ❖ Seleccionar y capacitar al trabajador.
- ❖ Muestrear el trabajo.
- ❖ Establecer el estándar.

3.3.4 EL TRABAJADOR CALIFICADO

Es aquel de quien se reconoce que tiene las aptitudes físicas necesarias, que posee la requerida inteligencia e instrucción y que ha adquirido la

destreza y conocimientos necesarios para efectuar el trabajo en curso según normas satisfactorias de seguridad, cantidad y calidad.

Los estudios de tiempo se deberían hacer en lo posible, con varios trabajadores calificados, y que es preferible evitar a los muy rápidos o muy lentos, por lo menos mientras se efectúan los primeros estudios de una operación.

Adquirir destreza no es cosa sencilla. Se ha observado que el obrero experimentado le lleva al inexperto las siguientes ventajas:

- Da a sus movimientos soltura y regularidad.
- Adquiere ritmo.
- Reacciona más pronto a las señales.
- Prevé las dificultades y está más preparado para superarlas.
- Ejecuta su tarea sin forzar la atención y por tanto relaja más los nervios.

El ideal sería poder estudiar cualquier trabajo con la seguridad de que todas las personas que lo hacen estén debidamente calificadas, pero en la práctica es mucho esperar. Tal vez no se pueda decir siquiera que una sola de ellas es absolutamente competente para hacerlo, aunque con el tiempo se pueda remediar la situación gracias a la formación. O bien pueden haber trabajadores que dominen su oficio, pero sean tan pocos que no se les puede considerar como promedios o como representativos de su grupo. El trabajador representativo es aquel que tiene una destreza y desempeño que corresponden al promedio del grupo estudiado: no es necesariamente un trabajador calificado.

El concepto de tiempo de trabajo, corresponde al tiempo que debería tardar normalmente en hacer una tarea u operación un trabajador calificado medio que proceda como acostumbra hacerlo, pero con

suficiente motivación para querer cumplir su cometido. En síntesis el especialista en estudio del trabajo debería empezar por buscar al trabajador calificado promedio.

3.3.5 TÉCNICAS DEL ESTUDIO DE TIEMPOS

Existen dos (2) técnicas del estudio de tiempo, las cuales son:

- Método continuo: En esta técnica se deja correr el cronómetro mientras dura el tiempo y se lee en el punto terminal de cada elemento.
- Método de vuelta a cero: En la técnica de vuelta a cero, el cronómetro se lee en la terminación de cada elemento, y luego las manecillas se regresan a cero de inmediato, para iniciar de nuevo a partir de cero.

3.3.6 TIEMPO ESTÁNDAR

Es una función de la cantidad de tiempo necesario para desarrollar una unidad de trabajo, usando un método y 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 un 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 el estándar de tiempo. Según la Norma ANSI ESTÁNDAR Z94.0-1982 se define el tiempo estándar como: El valor de una unidad de tiempo para la realización de una tarea, como lo determina la aplicación apropiada de las técnicas de medición de trabajo efectuada por personal calificado. Por lo general se establece aplicando las tolerancias aplicadas al tiempo norma.



$$T.E = \underbrace{(TPS * Cv)}_{\text{Tiempo Normal}} + \sum (Tolerancias)$$

Tiempo Normal

Dónde:

TPS= Tiempo promedio seleccionado.

Cv= Calificación de velocidad.

También se expresa por la relación siguiente:

$$TE = TN \times \frac{1}{(1 - c)}$$

Con, $TN = TPS \times Fc$

Dónde:

TN: Tiempo Normal

c: Concesiones

TPS: Tiempo Promedio Seleccionado

Fc: Factor de Calificación

3.3.6.1 ESTÁNDARES TEMPORALES

Los empleados requieren tiempo para desarrollar la habilidad en cualquier operación nueva o diferente. A menudo los analistas de estudio de tiempo establecen un estándar en una operación más o menos nueva, para lo que no existe un volumen suficiente para que el operario alcance la eficiencia más alta. Si el analista basa la calificación del operario en los conceptos usuales de producción, el estándar que resulta puede ser demasiado cerrado y el operario quizá no pueda ganar incentivos. Por otro lado, si el analista toma en cuenta que la tarea es nueva y el volumen es bajo, y establece un estándar generoso, entonces si aumenta el tamaño de la orden para el mismo trabajo, puede haber problemas. Por lo



que el método más satisfactorio para manejar estas situaciones es la emisión de estándares temporales.

3.3.6.2 ESTÁNDARES DE PREPARACIÓN

Los elementos del trabajo que es común incluir en los estándares de preparación involucran a todos los elementos que ocurren entre la terminación de la tarea anterior y el inicio de la actual. El estándar de preparación también incluye elementos de “desarmar” y “guardar”. Como perforar la tarjeta del trabajo, obtener las herramientas del depósito, obtener los dibujos del despachador, preparar la máquina, marcar la tarjeta del trabajo, quitar las herramientas de la máquina, regresarlas al depósito y contar la producción.

3.3.6.3 APLICACIONES DEL TIEMPO ESTÁNDAR

- Ayuda a la planeación de la producción. Los problemas de producción y de ventas podrán basarse en los tiempos estándares después de haber aplicado la medición del trabajo de los procesos respectivos, eliminando una planeación defectuosa basada en las conjeturas o adivinanzas.
- Facilita la supervisión para un supervisor cuyo trabajo está relacionado con hombres, materiales, máquinas, herramientas y métodos; los tiempos de producción le servirán para lograr la coordinación de todos los elementos, sirviéndole como un patrón para medir la eficiencia productiva de su departamento.
- Es una herramienta que ayuda a establecer estándares de producción precisos y justos; además de indicar lo que puede producirse en un día normal de trabajo, ayuda a mejorar los estándares de calidad. Ayuda a establecer las cargas de trabajo; facilita la coordinación entre los obreros y las máquinas, y proporciona a la gerencia bases para inversiones futuras en maquinaria y equipo en caso de expansión.

- Ayuda a formular un sistema de costo estándar. El costo estándar al ser multiplicado por la cuota fijada por hora, nos proporciona el costo de mano de obra directa por pieza.
- Proporciona costos estimados; los tiempos estándar de mano de obra, presupuestarán el costo de los artículos que se planean producir y cuyas operaciones serán semejantes a las actuales. Proporciona bases sólidas para establecer sistemas de incentivos y su control. Se eliminan conjeturas sobre la cantidad de producción y permite establecer políticas firmes de incentivos a obreros que ayudarán a incrementar sus salarios y mejorar su nivel de vida. Ayuda a entrenar a nuevos trabajadores.

Los tiempos estándar serán parámetros que mostrarán a los supervisores la forma como los nuevos trabajadores aumentan su habilidad en los métodos de trabajo.

3.3.7 TIEMPO NORMAL

Tiempo requerido por el operario normal para realizar la operación cuando trabaja con una velocidad estándar, sin ninguna demora por razones personales o circunstancias inevitables. Mientras el observador del estudio de tiempos está realizando un estudio, se fijará con todo cuidado, en la actuación del operario durante el curso del mismo. Muy rara vez esta actuación será conforme a la definición exacta de lo que es la "normal". De aquí se desprende que es esencial hacer algún ajuste al tiempo medio observado a fin de determinar el tiempo que se requiere para que un individuo normal ejecute el trabajo a un ritmo normal. El tiempo real que emplea un operario superior al estándar para desarrollar una actividad, debe aumentarse para igualarlo al del trabajador normal; del mismo modo el tiempo que requiere un operario inferior al estándar debe reducirse al valor representativo de la actuación normal. Sólo de

esta manera es posible establecer un estándar verdadero en función de un operario normal.

$$TN = TPS * Fc$$

3.3.8 DETERMINACIÓN DE TOLERANCIAS

Después de haber calculado el tiempo normal (tiempo elemental *calificación de la actuación), llamado muchas veces el tiempo “calificado”, hay que dar un paso más para llegar al verdadero tiempo estándar. Este último paso consiste en añadir ciertas tolerancias que tomen en cuenta las numerosas interrupciones, retrasos y detenciones producidas por la fatiga inherente a todo trabajo. En general hay que aplicar, las tolerancias, en tres áreas generales estas son: retrasos personales, fatiga y retrasos inevitables.

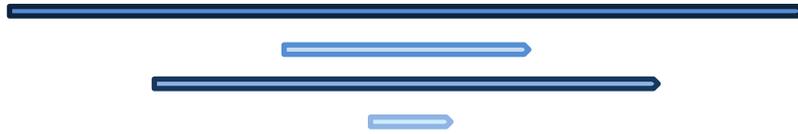
3.3.9 RETRASOS

3.3.9.1 RETRASOS PERSONALES

Las condiciones generales en que se trabaja y la clase de trabajo que se desempeña, influirá en el tiempo correspondiente a retrasos personales. El tiempo por retrasos personales dependerá naturalmente de la clase de personas y de la clase de trabajo, estos retrasos incluyen interrupciones en el trabajo necesarias para el trabajador como son los viajes periódicos al bebedero de agua o al baño.

Las condiciones generales del trabajo y la clase de trabajo, predominan sobre el tiempo necesario para cubrir necesidades personales, así como el trabajo pesado a altas temperaturas requerirá de mayores tolerancias que el realizado a temperaturas moderadas.

La fatiga estrechamente ligada a la tolerancia por retrasos personales, la fatiga no es homogénea, va desde el cansancio físico hasta la fatiga psicológica e incluye una combinación de ambas.



Factores importantes que afectan la fatiga

- Condiciones de trabajo: Luz, humedad, temperatura, frescura del aire, color del local y de sus alrededores, ruido.
- Repetitividad del trabajo: Concentración necesaria para ejecutar la tarea, monotonía de movimientos corporales semejantes, la posición que debe asumir el trabajador o empleado para ejecutar la operación, cansancio muscular debido a la distensión de músculos.
- Estado general de salud del trabajador, físico y mental: Estaturas, dietas, descanso, estabilidad emotiva, condiciones domésticas.

Ya que la fatiga no puede eliminarse, hay que fijar tolerancias adecuadas a las condiciones de trabajo y a la monótona repetición en el mismo, que tanta influencia tienen en el grado de fatiga. Ha sido demostrada por medio de experimentos que la fatiga debe trazarse como una curva y no como una recta.

3.3.9.2 RETRASOS INEVITABLES

Es aplicable únicamente a elementos de esfuerzo físico, e incluye hechos como: interrupciones de parte del capataz, del despachador, de analista de tiempos, irregularidades en los materiales, dificultades en el mantenimiento de tolerancias y especificaciones, interrupciones por interferencia en donde se asignan trabajos en máquinas múltiples.

$$\text{Dónde: \% DI} = \frac{\sum DI}{TTI} \times 100\%$$

Dónde:

DI= demora inevitable

TTT= Tiempo Total de Turno



3.3.9.3 RETRASOS EVITABLES

Incluyen visitas a otros operarios por razones sociales, prestar ayuda a paros de máquinas sin ser llamados y tiempo ocioso que no sea para descansar de la fatiga. No es costumbre el incorporar alguna tolerancia por estos retrasos. Estos retrasos se llevan a cabo por el operario a costa de su productividad. El porcentaje de los retrasos inevitables se determina por la siguiente ecuación:

$$\%DE = \frac{\sum DE}{TTT} \times 100$$

Dónde:

DE = demora Evitable

TTT= Tiempo Total de Turno

3.3.10 NÚMEROS DE CICLOS A ESTUDIAR

La longitud del estudio de tiempo dependerá en gran parte de la naturaleza de la operación individual, el número de ciclos que deberá observarse para obtener un tiempo medio representativo de una operación determinada depende de ciertos procedimientos tales como el criterio de la tabla Westinghouse, distribución T-student, fórmulas estadísticas.

3.3.11 SISTEMA WESTINGHOUSE

La calificación de la actuación es el paso más importante del procedimiento de medición de trabajo, esta es una técnica para determinar con equidad el tiempo requerido para que el operario normal ejecute una tarea después de haber registrado los valores observados de la operación en estudio. No hay ningún método universalmente aceptado para calificar actuaciones, aun cuando la mayoría de las técnicas se basan primordialmente en el criterio o buen juicio del analista de tiempos.



Uno de los sistemas de calificación más antiguos y de los más utilizados ampliamente, es el desarrollado por la Westinghouse Electric Company, en donde se consideran cuatro factores al evaluar la actuación del operario, que son: habilidad, esfuerzo o empeño, condiciones y consistencia.

- La habilidad: Se define como “pericia en seguir un método dado”, el cual se determina por la experiencia y aptitudes del operario, así como su coordinación.
- El esfuerzo o empeño: Se define como “una demostración de la voluntad para trabajar con eficiencia”. Este es representativo de la rapidez con la que se aplica la habilidad, y puede ser controlado en alto grado por el operario.
- Condiciones de trabajo: Se enfoca al procedimiento de calificación que afecta al operario y no a la operación. En la mayoría de los casos, las condiciones serán calificadas como normales o promedio cuando las condiciones se evalúan en comparación con la forma en que se hallan generalmente en la estación de trabajo.
- La consistencia: Se refiere a las actitudes del operario con relación a su tarea. Los valores elementales de tiempo que se repiten constantemente indican, desde luego, consistencia perfecta, ésta es evaluada por lo general al final del estudio.

3.3.12 CARGA DE TRABAJO

Es el tiempo total n que un equipo o persona se encuentra operativa, durante una jornada continua de trabajo, la carga de trabajo está dada por la siguiente ecuación:

$$CT = \left(\frac{T.T.T.A}{T.T.T} \right) \times 100\% + \sum \%DI$$

Dónde:



T.T.T.A= Tiempo Total de Trabajo y Atención

T.T.T= Tiempo Total de Turno

DI % Sumatoria de los Porcentajes de Demoras Inevitables.

CT= Carga de Trabajo.

3.3.13 REQUERIMIENTO DE MANO DE OBRA

Uno de los objetivos que persigue el estudio de tiempos, es establecer la cantidad de personal necesario para realizar las operaciones, según los tiempos totales de producción, el rendimiento del operador y las cantidades a producir, con relación a la carga de trabajo de los operadores; es decir, es la cantidad de equipos y/o personas necesarias para realizar eficientemente las labores inherentes a sus funciones en el área de trabajo. El requerimiento se determina basándose en tiempos efectivos mediante la siguiente formula:

$$REQ = \frac{T.T.T.A}{T.T.T - T.T.I}$$

Dónde:

REQ=Requerimiento de Mano de Obra

TTT=Tiempo Total de Turno

TTTA= Tiempo Total de Trabajo y Atención

TI=Tiempo Inactivo.

3.4 CÁLCULO DEL NÚMERO DE MÁQUINAS

El número de máquinas requeridas está en función de la cantidad total por producir, del número de horas de trabajo y de la tasa de producción y utilización de las máquinas.



- 1) Cantidad por producir: La cantidad total de piezas por producir se calcula considerando la demanda anual del producto, el número de piezas por unidad y tasa de desperdicio.

La cantidad requerida (Q_r) para una pieza es igual a la cantidad de unidades demandadas (Q_d) multiplicada por el número de veces (F) que esta pieza se utiliza en el producto:

$$Q_r = (Q_d) * F$$

Las operaciones que no generan unidades defectuosas son raras. Por lo tanto, debe tenerse en cuenta la tasa de desperdicio en los cálculos de la cantidad total por producir. La cantidad de piezas aptas es igual a la cantidad total (Q_t) menos la cantidad de piezas desechadas. Ese desperdicio o desecho (unidades defectuosas) corresponde a la cantidad anterior multiplicada por el porcentaje de unidades defectuosas (d):

$$Q_r = Q_t - (Q_t) * (d)$$

$$Q_r = Q_t * (1 - d)$$

$$Q_t = \frac{Q_r}{(1 - d)}$$

- 2) Número de horas de trabajo: Si se considera que el número de semanas laborables por año es de 48 y que el número de horas laborables por semana es de 40, el número de horas de trabajo por año será de 1920.
- 3) Tasa real de producción de la maquina: Las maquinas suelen detenerse por diversas razones: mantenimiento preventivo, preparación y ajuste, ausencia de empleados, falta de materiales, descomposturas. Estos eventos reducen la tasa de producción de las máquinas. Por tanto deben evaluarse la tasa de utilización de cada máquina. Generalmente esta tasa se expresa como un porcentaje de la tasa regular de producción. Con la ayuda de esta



tasa se evalúa la tasa real de producción de una máquina. La cual corresponde a la tasa regular multiplicada por la tasa de utilización.

$$T_{real} = T_{asa\ reg} * U$$

Teniendo en cuenta estos 3 elementos, el número de máquinas (N) es por tanto igual a la cantidad total por producir (Qt) dividida entre la capacidad real anual de producción de una maquina (Creal), que es igual a la tasa de producción por el número anual de horas de trabajo (H):

$$C_{.real} = T_{.real} * H$$

$$N = \frac{Q_t}{C_{.real}}$$

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

El siguiente Capítulo se referirá a los elementos metodológicos que se deben utilizar para llevar a cabo la implantación del proyecto que se requiere determinar.

4.1 TIPOS DE INVESTIGACIÓN

El tipo de estudio que se realizará, determinará el requerimiento de fuerza laboral necesario en la implementación de un Taller de Fabricación y Reparación de tapas laterales para las celdas electrolíticas. A continuación se explicará el tipo de investigación a realizar para llevar a cabo el estudio.

4.1.1 SEGÚN EL NIVEL DE PROFUNDIDAD

Descriptiva: Se pretenderá conocer la situación y su entorno, para tener una idea clara y objetiva de las características de la situación actual, además que se describirán, registrarán y analizarán todas las actividades que realizarán los operadores encargados de las fabricaciones y reparaciones de tapas laterales para las celdas electrolíticas.

4.1.2 SEGÚN EL DISEÑO

De campo: Según los autores Santa Paella y Filiberto Martins (2010) expresan que:

“la investigación de campo consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar las variables; es decir, el investigador obtiene la información pero no altera las condiciones existentes”

Se recopilará información de forma directa en el área destinada para la ejecución de las actividades requeridas para la obtención de datos necesarios que conlleven a la consecución de los objetivos planteados en la investigación.

4.1.3 SEGÚN SU FINALIDAD

De aplicación: Este tipo de investigación busca la aplicación o utilización de los conocimientos que se adquieren para ejecutar el mismo, aplicando modelos matemáticos que permiten obtener conclusiones válidas a los problemas planteados.

4.3 FUENTES DE INFORMACIÓN

4.3.1 LA DOCUMENTACIÓN

Se consultará material bibliográfico que contribuirá con aportes básicos como libros e informes pertenecientes a CVG Venalum que sirvieron para la estructuración y ejecución del desarrollo de la investigación.

4.3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

La Fuerza Laboral y maquinaria necesaria para la implementación del Taller de Fabricación y Reparación de Tapas laterales de celdas electrolíticas será determinada en función al requerimiento de estos componentes que necesitará la empresa a partir del año 2015.

La población de tapas laterales a estudiar es de 19.440 tanto para celdas P-19 y V Línea ubicadas en los Complejos de Reducción de la empresa. La muestra seleccionada para realizar las pruebas de reparación fueron de 34 tapas y para el proceso de fabricación de tan solo 1 tapa, siendo estas muestras poco representativas de acuerdo a la determinación del tamaño de la muestra que se obtuvo mediante la siguiente fórmula de muestreo:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * (1 - p)}{(N - 1) * e^2 + Z^2 * p * (1 - p)}$$

Dónde:

n = El tamaño de la muestra que queremos calcular

N = Tamaño del universo (19.440 tapas laterales)

Z = Es la desviación del valor medio que aceptamos para lograr el nivel de confianza deseado. En función del nivel de confianza que busquemos, usaremos un valor determinado que viene dado por la forma que tiene la distribución de Gauss.

Nivel de confianza 90% -> $Z=1,645$

e = Es el margen de error máximo que admito (p.e. 5%)

p = Es la proporción que esperamos encontrar (50%).

Dando como resultado que la muestra (n) óptima de acuerdo al nivel de confianza establecido (90%) es de 277 tapas laterales, para ambos procesos de prueba.

El tamaño de la muestra utilizada es muy inferior a la muestra estimada a través de la formula estadística debido a los diferentes problemas que se presentaron durante el estudio.

4.3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Los recursos que se utilizaron para la recolección de datos son los siguientes:

- **Observación Directa:**

La observación directa se llevará a cabo mediante seguimientos a las actividades de pruebas de fabricación y reparación de tapas laterales de celdas electrolíticas efectuadas por los operadores sirviendo de base para el estudio de tiempos y permitiendo realizar una descripción detallada de estas operaciones, siendo este recurso la principal fuente de información.



- **Entrevistas no estructurada:**

Se realizarán entrevistas al personal de Taller Central, al personal de los Talleres de los Complejos de Reducción y a cualquier personal de la empresa que guarde relación con elementos a desarrollar en la investigación para obtener la mayor información posible y se pueda desarrollar ésta de forma propicia y efectiva.

- **Estudio de Tiempos:**

Mediante este método se podrá determinar de forma cuantitativa el tiempo necesario que requieren los operadores para realizar las actividades de fabricación y reparación de tapas laterales de las celdas electrolíticas

4.4 MATERIALES Y EQUIPOS

Los materiales y equipos a utilizar en el desarrollo de la investigación son los siguientes:

4.4.3 RECURSOS FÍSICOS

- Lápiz y papel, útiles para recolectar datos
- Cronómetro digital
- Formato de seguimiento
- Un computador portátil e impresora
- Programas como Excel, Project y Microsoft Word

4.4.4 EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

Los equipos mencionados a continuación fueron necesarios para trabajar en las áreas de la empresa, los cuales fueron:

- Casco de seguridad
- Camisa (Manga larga)
- Chaqueta manga larga (blue jean)
- Pantalón (blue jean)

- Botas de seguridad

4.4.5 RECURSOS HUMANOS

- Un asesor académico de Ingeniería Industrial (Tutor Académico).
- Un asesor industrial de la Gerencia Ingeniería Industrial (Tutor Industrial).
- Operadores del área de Reducción.

4.5 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

1) Diagnosticar la situación actual de las tapas para celdas electrolíticas en los Complejos de Reducción de CVG Venalum.

Se realizará una inspección en los Complejos de Reducción y se determinará cuál es la condición que se presenta con respecto a la hermeticidad de las celdas electrolíticas mediante una visita técnica, haciendo también una descripción de la situación en que se encuentran las tapas (tanto las operativas como las que están almacenadas sin uso) y todos los elementos que forman parte problema.

2) Realizar un seguimiento y toma de tiempos a las actividades ejecutadas para la fabricación y reparación de las tapas de las celdas electrolíticas de CVG Venalum.

Como parte del estudio a realizar se ejecutará un seguimiento a las actividades de fabricación y reparación de tapas por parte de los operadores que se disponen para la ejecución de estas pruebas, mediante un cronómetro y un formato de seguimiento, identificando cada sub – proceso realizado y el tiempo que fue requerido para ello; hasta obtener un tamaño de muestra lo más representativa posible.



- 3) Determinar el requerimiento de la fuerza laboral a través del tiempo promedio calculado y la carga de trabajo de las actividades realizadas para la fabricación y reparación de las tapas laterales de las celdas electrolíticas de CVG Venalum.**

A través de los tiempos obtenidos de las actividades realizadas tanto para la fabricación como para la reparación de las tapas laterales se determinará con la ayuda de bases teóricas el requerimiento de la fuerza laboral, para lograr la hermeticidad en todas las celdas electrolíticas que dispone CVG Venalum.

- 4) Estimar el requerimiento de máquinas para el óptimo desempeño de las funciones del Taller**

Mediante la cantidad total de tapas a producir, del número de horas de trabajo que dispondrá el Taller y de la tasa de producción y utilización de las máquinas se podrá determinar la cantidad de maquinaria demandada para cumplir con las exigencias que se le asignarán al Taller una vez implantado.

CAPITULO V

SITUACIÓN ACTUAL

5.1 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ALUMINIO

La producción de aluminio puro en forma de metal líquido es realizada en CVG Venalum a través de un proceso de Reducción Electroquímico llamado Hall-Héroult, en el cual la reacción química es forzada por una aplicación constante de energía eléctrica.

Este proceso se realiza debido a la interacción de cinco elementos básicos en grandes cantidades como lo son: electricidad, alúmina, carbón, criolita y aditivos.

El proceso como tal es realizado en celdas electrolíticas, que no es más que una estructura recubierta de acero en forma de caja rectangular abierta, llamada casco, la cual se encuentra revestida en su interior por los ladrillos refractarios que conforman el cátodo. Este proceso consiste en retirar el oxígeno de la alúmina disuelta en un medio electrolítico y bajo los efectos de una corriente eléctrica directa, suministrada por una fuente externa.

Durante este proceso de Reducción ocurrido en las celdas electrolíticas el oxígeno se combina con el carbono del ánodo y forma gas carbono que se libera, mientras que el aluminio precipita en forma líquida. Los gases que se generan contienen, entre otros, compuestos fluorados, Principalmente HF gaseoso y partículas que contienen flúor. Dado que estos componentes son necesarios en el proceso, tienen un costo elevado y además son contaminantes, las líneas de celdas disponen de una Planta de Tratamiento de Humos que recoge los gases del proceso y recupera el flúor de los mismos, para devolverlo al proceso en la alúmina

secundaria. Para que la captación de gases sea eficiente la celda debe estar hermetizada con todos sus componentes.

5.2 IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR LA PROLIFERACIÓN DE LOS GASES EMANADOS EN EL PROCESO ELECTROLÍTICO

Esta emisión de gases fluorados trae como consecuencia un aumento del riesgo a sufrir enfermedades ocupacionales por los trabajadores que laboran en los Complejos de Reducción y áreas adyacentes, debido a que el flúor contenido en ellos puede ser acumulados en grandes cantidades en sus cuerpos, ocasionando diversas anomalías en los organismos. Además estos gases emitidos al aire acabarán depositándose en el suelo o en el agua. Cuando el flúor del aire acaba en el agua se instala en los sedimentos y cuando acaba en los suelos, el flúor se pega fuertemente a las partículas del suelo. Esto afecta a las plantas, a las personas y animales.

Excesivas emisiones pueden generar lluvias ácidas en áreas cercanas a la reductora, donde la combinación de la humedad del aire con elementos como el nitrógeno, azufre, flúor, puede producir a través de reacciones complejas ácidos fuertes (fluorhídricos, sulfúricos y nítricos). Los ácidos pueden caer a la tierra como precipitaciones en forma de lluvia, acidificando los ríos y generando corrosión en estructuras metálicas.

Estas emisiones de fluoruros al aire contribuyen también a la destrucción de la capa de ozono, la cual trae como consecuencia un aumento de la radiación de rayos ultravioletas y provocando un aumento de la temperatura de la Tierra a través del proceso conocido como efecto invernadero.

Es importante destacar que la baja proliferación de estos gases contaminantes dentro de los Complejos de Reducción brinda comodidad y seguridad al trabajador al contar con un área de trabajo más limpia, provocando un cambio en la actitud del trabajador al encontrarse en un

ambiente de trabajo más agradable; de ahí la gran importancia que tiene la hermeticidad en las celdas electrolíticas.

5.3 IMPACTO ECONÓMICO QUE GENERA LOS GASES NO RECOLECTADOS

El fluoruro de aluminio es indispensable en el proceso de reducción de aluminio, debido a que es el electrolito que controla la química del baño electrolítico. Si la química del baño está controlada, se mantiene temperaturas óptimas de trabajo. Este es un compuesto costoso para la empresa, de ahí la gran necesidad de recuperar y utilizar nuevamente los fluoruros, logrando de esta manera disminuir los costos de la producción de Aluminio. Los precios de este insumo se encuentran alrededor de los 1659 \$ por tonelada y se prevé una disminución de 1.47 Kg de fluoruro de aluminio por tonelada de Aluminio producida una vez hermetizada la celda, lo que representa un ahorro aproximado de 1.048.653 \$ con la producción a su máxima capacidad. Es por ello la importancia que tienen las tapas laterales en la contribución a la hermeticidad de las celdas.

5.4 LA HERMETICIDAD EN CELDAS

Para garantizar un ambiente de trabajo óptimo se deben tener las celdas bajo un sistema de hermeticidad; conociéndose éste como el conjunto de estructuras metálicas que permite capturar los gases recién generados en la celda, para luego ser transportados a la Planta de Tratamiento de Humos, que tiene como finalidad coleccionar los gases crudos, partículas de alúmina, polvos de carbón, recuperar los fluoruros (al menos en un 92%) y elementos electrolíticos contenidos en los gases emitidos de las celdas; minimizando así la pérdida de elementos desechados en el proceso de Reducción y evitar la libre contaminación del área de trabajo y el ambiente.

La relevancia del sistema de hermeticidad radica en contribuir a un manejo integral y poder aplicar la “Norma ISO 14001:2004” al proceso

ocurrido en la Planta de Tratamiento de Humos impregnado con emisiones de gases de fluoruros y Alúmina que se generan en áreas de celdas de CVG Venalum, desde el control y reducción de la generación hasta su disposición final enfocado a proporcionar a la empresa un sistema de gestión ambiental eficaz.

Una celda de reducción hermetizada es aquella que cuenta con todos los componentes de su superestructura (chalecos, esquineros, faldones, tapas frontales, tapas laterales y ductos) en buen estado y con una colocación correcta, para así contribuir con el control de los gases de las celdas.

Se ha venido observando que es muy alta la cantidad de gases que no son colectados y retornados a la planta en los Complejos de Reducción debido a la baja hermeticidad de las celdas electrolíticas, ya que existe un deterioro de los componentes de hermeticidad producto del estrés térmico, mecánico, una alta manipulación por los operarios a la que están sujeto y en gran parte por haber cumplido el tiempo estimado de vida útil que es de 5 años (en el caso de las tapas laterales y tapas frontales de aluminio), además de existir una ausencia de estos componentes en muchas celdas.

Los principales daños en las piezas de acero son debido a golpes por las grúas, sufriendo los elementos deformaciones de distintas variaciones. En especial son más susceptibles de daños, el chaleco, las tapas de esquina y las tapas laterales; siendo estas últimas las más afectadas, que para efectos del estudio son los componentes a tomar en consideración.

5.5 DISTRIBUCIÓN DE LAS CELDAS ELECTROLÍTICAS EN LOS COMPLEJOS DE REDUCCIÓN EN CVG VENALUM

CVG Venalum a plena capacidad cuenta con un total de 905 celdas, distribuidas en tres (3) tecnologías: Celdas P-19 (Reynolds + adecuación Hydro Aluminium) con un total de 720 celdas, Celdas V Línea (Hydro

Aluminium) con un total de 180 celdas y las Celdas V-350 (Venezolana) con 5 celdas. Cabe destacar que para efectos del estudio no se tomarán en cuenta las 5 celdas con tecnología venezolana como también las tapas frontales de todas las celdas por ser pocas y más duraderas. (Ver tabla N° 3).

Tabla 3: Distribución celdas electrolíticas en los Complejos de Reducción

Complejos de Reducción	Líneas de Producción	Tipo de tecnología	Cantidad de celdas	Tapas laterales por celdas	Total de tapas
Complejo I	Línea I	Reynolds + adecuacion Hydro Aluminium	180	20	3.600
	Línea II		180	20	3.600
Complejo II	Línea III		180	20	3.600
	Línea IV		180	20	3.600
Sub - total			720	-	14.400
Complejo III	Línea V	Hydro Aluminium	180	28	5.040
Sub - total			180	-	5.040
Complejo III	V-350	Venalum	5	36	180
Sub - total			5	-	180
Total			905	-	19.620

Fuente: Elaboración propia

5.6 CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE CVG VENALUM

CVG Venalum posee una capacidad instalada de 430.000 toneladas métricas de aluminio líquido por año, siendo significativo resaltar que durante el periodo 2002 – 2005 la empresa obtuvo un record de producción superando dicha capacidad, pero producto de la grave crisis energética presentada en los años 2009 y 2010 en el país, la empresa se vio en la necesidad de desincorporar una importante cantidad de celdas, ejecutándose durante el período del 22-12-2009 al 08-01-2010 con 369 celdas a razón de 8 celdas/turno para un total de 24 celdas/día (aporte estimado de 19,68 MW/día) y un segundo grupo de 31 celdas durante el período del 11-01-2010 al 12-01-2010. Aunado a esto la falta de inversión, producto de la poca liquidez monetaria existente, problemas con la importación de materia prima debido a las complicaciones que se generaban a la hora de obtener divisas, problema en los transportes que ocasiono un ausentismo pronunciado y otros problemas administrativos;

como consecuencia se fueron desincorporando otras celdas, a tal punto que hoy en día solo existan 220 celdas operativas del total de la capacidad que dispone la planta, estimándose que al cierre del año 2014 la producción este alrededor de las 120.000 toneladas métricas de Aluminio. A continuación se presentan las celdas operativas actuales en cada línea de producción (ver tabla N° 4):

Tabla 4: Condición de celdas para la fecha 30-10-2014

Área	Condición de celdas para la fecha 30-10-14			
	Conectadas (A)	Producción (B)	Fuera serv.(C)	Total (A+C)
Línea 1	39	39	141	180
Línea 2	39	38	141	180
Complejo I	78	77	282	360
Línea 3	45	45	135	180
Línea 4	41	41	139	180
Complejo II	86	86	274	360
V Línea	60	60	120	180
V-350	0	0	5	5
Planta	224	223	681	905

Fuente: Sistema de reducción

5.7 CONDICIÓN ACTUAL DE LAS TAPAS LATERALES DE LAS CELDAS ELECTROLÍTICAS

Las tapas laterales de las celdas electrolíticas son piezas fabricadas en aluminio, aleación 3003 y cubren el 60% del área sujeta a ser hermetizada en el proceso. Con el objeto de mejorar la hermeticidad de las celdas P-19 y de V Línea y al mismo tiempo obtener un diseño que reduzca el esfuerzo realizado por el operador para el manejo de las tapas laterales, se han realizado varios rediseños de estos componentes a lo largo de la historia de la empresa.

Citando uno de estos diseños, en el año 2000 el peso de la tapa 50-T-3004 para celdas P-19 correspondiente a la revisión 9 era de aproximadamente 15 Kg. Sin embargo, este diseño de tapas igualmente presentó problemas de poca vida útil, ofreciendo poca resistencia a las condiciones de manejo (y maltrato), durante las operaciones de cambio de ánodos, mantenimiento y demás operaciones realizadas en celdas;

con lo que se rediseñaron 2 versiones de tapas las cuales se sometieron a prueba (revisión 10 y 11), la revisión 10 construida completamente en aluminio la revisión 11 cuya chapa principal fue de acero inoxidable.

La última revisión (13) de la tapa para celdas P-19 pesa 17,48 Kg poseyendo éstas en sus mediciones previas resultados satisfactorios en función a los requerimientos solicitados de esfuerzos, deflexiones y factores de seguridad. Para las celdas V línea se tienen 2 últimos modelos aún no implantados que necesitarán un proceso de prueba a ver cual resulta ser el más satisfactorio, un modelo es acanalado de 22,8 Kg, que requiere el acanalado de la lámina principal, lo cual representa un proceso adicional en la fabricación. El otro modelo es liso siendo un diseño más sencillo de fabricar sin embargo tiene un mayor peso, con 23,3 kg, los refuerzos externos podrían minimizar el pandeo que regularmente sufren las tapas con el tiempo.

Ambos modelos propuestos de V línea tienen un exceso de peso ya que son 18 Kg los recomendados por medicina ocupacional. Además para la seguridad del trabajador es de vital importancia que el material de la tapa no llegue a su punto de fusión, ya que pueden provocar accidentes a los operadores de las celdas.

Todos los modelos de tapas que CVG Venalum ha implantado en las celdas electrolíticas a lo largo de su historia siempre han sido compradas a distintas empresas de la región según la cantidad requerida para cada año (ver figuras N° 8 y N° 9); Producto de la desincorporación masiva de celdas y otros problemas administrativos CVG Venalum dejó de realizar compras de tapas para celdas electrolíticas de tecnología Reynolds e Hydroaluminium en los años 2008 y 2009 respectivamente. A continuación se presenta un historial de compras de tapas para celdas de los Complejos I, II y V línea:



Figura 8: Historial de compras de tapas laterales para celdas Complejo I y II
Fuente: Almacén de CVG Venalum

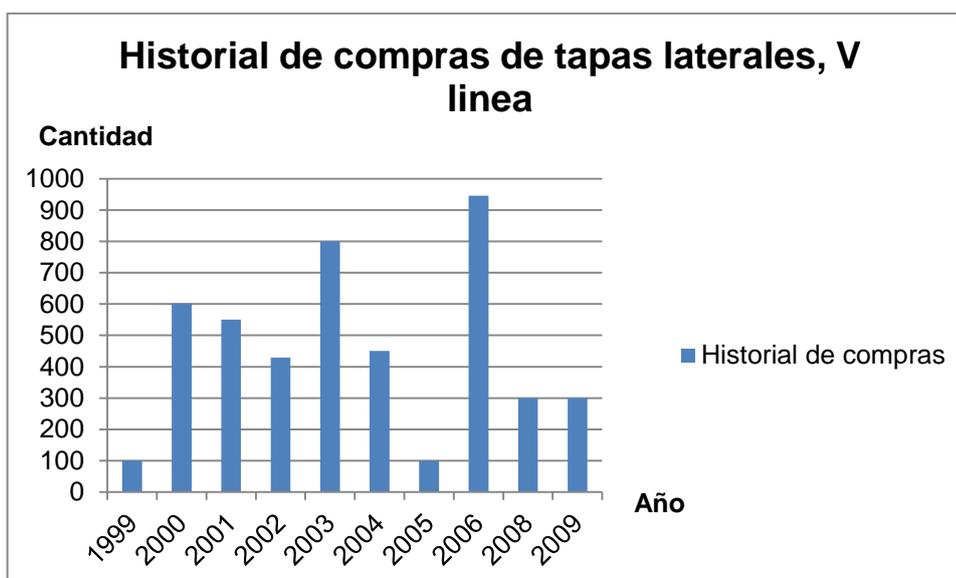


Figura 9: Historial de compras de tapas laterales para celdas V línea
Fuente: Almacén CVG Venalum

Ver precios y proveedores del historial de compras de tapas para celdas V Línea y P – 19 en apéndice 7 y 8. Actualmente se realizó un análisis de costo unitario para la tapa de la celda V Línea por parte de la Coordinación Ingeniería Económica arrojando un estimado de 12.246 BsF para el costo de fabricación (ver apéndice 9) y para la tapa de celda P -19 no se realizó dicho análisis pero se estimó un costo de acuerdo a la

inflación acumulada hasta el año 2014 según el Banco Central de Venezuela arrojando un valor cercano a los 5.000 BsF aproximadamente.

La vida útil estimada para estas tapas, tanto para las celdas P-19 como V Línea es de aproximadamente 1800 días siendo la misma vida útil de las celdas electrolíticas. Se puede observar que la última compra fue efectuada en el 2009, significando esto que para la actual fecha todas las tapas presentes en los Complejos de Reducción se encuentren dañadas o vencidas.

Algunas de las tapas no aptas para ejercer su función se han ido almacenando en las áreas adyacentes a los Complejos de Reducción, poseyendo éstas distintos tipos de daños, requiriendo ser reparadas o en su defecto ser recicladas para recuperar el aluminio que ellas poseen. (Ver anexo #). De acuerdo a una medición previa se determinó la cantidad de tapas buenas, faltantes, recuperables y no recuperables del total de tapas que se encuentran en CVG Venalum para celdas P-19 y Línea V. (Ver tabla N° 5).

Tabla 5: Inventario de tapas laterales CVG Venalum

ÁREA	INVENTARIO DE TAPAS LATERALES 2014		
	Condición	Cantidad	Porcentaje
Celdas P-19	Buenas	0	0%
	Faltantes	3.277	22,75%
	No recuperables	8.904	61,83%
	Reparables	2.219	15,42%
	Total	14.400	100%
Celdas V Línea	Buenas	0	0%
	Faltantes	526	10,45%
	No recuperables	902	17,89%
	Reparables	3.612	71,66%
	Total	5.040	100%

Fuente: Elaboración propia

5.8 PLAN DE MODERNIZACIÓN E INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN DE CVG VENALUM

Existe un plan de modernización e incremento de la productividad de CVG Venalum que se realizará conjuntamente con una empresa china llamada

Chalieco el cual tiene como objetivo colocar en funcionamiento las 905 celdas de reducción para producir 430.000 Ton/año de aluminio, teniendo en cuenta que la producción anualizada hasta la fecha agosto 2014 es de 117.830 toneladas aproximadamente. Para ello, se debe garantizar que las áreas que intervienen en el proceso de producción de aluminio líquido estén en capacidad de cumplir con sus objetivos en términos de cantidad, calidad y oportunidad. Este plan consta de 4 sub-proyectos los cuales son:

- Reconstrucción de Hornos de Retención de Colada.
- Producción de Ánodos Cocidos.
- Suministro de Energía Eléctrica AC/DC.
- Incorporación de Celdas de Reducción: Este proyecto comprende el suministro de materiales de revestimiento de celdas, materia prima e insumos, herramientas y equipos móviles necesarios para el Reacondicionamiento de las Celdas Electrolíticas.

Se puede destacar que el sub – proyecto de incorporación de celdas no comprende el suministro de las tapas laterales que se necesitaran para lograr la hermeticidad en éstas.

5.9 INDISPONIBILIDAD POR PARTE DE TALLER CENTRAL Y TALLERES DE REDUCCIÓN PARA FABRICACIÓN Y REPARACIÓN DE TAPAS

Dentro de CVG Venalum existe un Departamento denominado Taller Central el cual es una unidad lineal de servicios al proceso productivo adscrita a la Superintendencia de Talleres, encargada de asegurar la disponibilidad de los equipos hidráulicos, mecánicos, electromecánicos, neumáticos, motores eléctricos de corriente alterna y continua y componentes eléctricos, servicio de refrigeración industrial, fabricación y reparación de partes, piezas y estructuras metal mecánicas así como también la administración y custodia de las herramientas disponibles en la empresa, en condiciones de calidad, oportunidad, costos y de acuerdo a

los programas de trabajo con el fin de dar continuidad al proceso productivo. El Departamento Taller Central está conformado por cinco talleres los cuales son: Taller Eléctrico, Taller Fabricación y Soldadura, Taller Mecánico, Taller Hidráulico y Taller Máquinas y Herramientas. Todos estos tienen como misión, asegurar la disponibilidad de equipos ensamblados, reparados y piezas fabricadas de acuerdo a los requerimientos establecidos por las áreas de mantenimiento y producción.

Existen también unos talleres de menor dimensión en cada Complejo de Reducción que no tienen como filosofía la reparación ni fabricación de piezas ni de cualquier elemento, si no que estos funcionan de almacenaje de piezas o partes dañadas, para posteriormente ser enviadas a Taller Central.

Taller Central a lo largo de la historia de la empresa siempre ha prestado sus servicios para hacer de manera esporádica las reparaciones de las tapas para celdas electrolíticas, no existiendo un registro de ellas. En cuanto a las fabricaciones de estos componentes, no se han realizado dentro del Taller por no tener espacio ni capacidad para la ejecución de las mismas, además de nunca haber sido designada esta función.

Por estos motivos a Taller Central le resulta improbable realizar las fabricaciones de las tapas laterales requeridas para cumplir con las exigencias que el Plan de Modernización e Incremento de la Producción demanda, así como también la demanda que estos componentes de hermeticidad tendrán una vez normalizada la planta.

5.10 PLANTEAMIENTO

El Plan de Modernización e Incremento de la Productividad tiene como parte del objetivo la incorporación masiva de celdas electrolíticas, lo que supone una necesidad de obtención de tapas laterales para éstas a fin de garantizar la hermeticidad requerida minimizando los impactos ambientales a los trabajadores y áreas adyacentes, como también la

disminución del consumo de materia prima. Con esto se ha planteado la evaluación de implementar un Taller de Fabricación y Reparación de tapas para celdas electrolíticas dentro de las instalaciones de CVG Venalum.

Para ello se han propuesto varios sitios dentro de la planta, aún no definitivos, que ameritan su acondicionamiento. Así mismo se debe considerar la infraestructura que se requerirá para albergar adecuadamente todos los implementos necesarios para el proceso que allí se efectuará. El sitio debe contar con todos los servicios básicos, sistema de ventilación, seguridad, accesibilidad, espacio físico acorde para ubicar los equipos de trabajo, sistema de aire comprimido, entre otros aspectos a considerar.

Este Taller supone una serie de mejoras, en las que destacan la rapidez de obtención de estos componentes, ya que se evitarían todas las operaciones administrativas que se aplican para las compras externas, poseyendo dicho Taller un stock de tapas que facilitaría la inmediatez de entrega de éstas para su posterior uso. También implicaría en teoría una reducción de los costos de adquisición de las tapas ahorrándose el margen de ganancia que establecerían otras empresas foráneas y otros costos de producción. Se efectuaría también un aprovechamiento de algunas máquinas que se encuentran en Taller Central que están sin uso y se invertiría un porcentaje menos en la fabricación de tapas ya que existe una gran cantidad de tapas recuperables.

Se tiene en propuesta que la mano de obra requerida sean soldadores/mecánicos ya que estos cubrirían todas las operaciones que se desempeñaría en el Taller, con lo que se necesitará determinar el requerimiento de personal óptimo que cubra las exigencias que le serán asignadas al Taller, así como también la maquinaria necesaria.

Para determinar la cantidad de mano de obra y maquinaria necesaria CVG Venalum dispuso de personal y equipos de otras áreas con el apoyo



de Taller Central y el Área de Reducción para fabricar y reparar tapas de celdas electrolíticas como modelos de referencias representativos a la hora de tomar los tiempos de los procesos para la consecución de los resultados solicitados, presentándose una serie de limitaciones a la hora de realizar las pruebas ya que no se poseía la infraestructura, mano de obra, maquinaria, ni condiciones adecuadas, lo cual representó un retraso de tiempo a la hora de organizar estas actividades.

Hay que tener en cuenta que las funciones que dicho taller asumirá se resumirán en dos, las cuales serán la de fabricar como la de reparar tapas tanto para celdas de tecnología Reynolds como para celdas de tecnología Hydroaluminium, con lo que el estudio de tiempos se separó para cada una de ellas.

Antes de presentar una descripción general del proceso de fabricación y reparación de las tapas laterales de celdas V Línea que se utilizaron para determinar los objetivos requeridos en la elaboración del estudio y definir todas las actividades involucradas que se llevaron a cabo, se mostrará a continuación los componentes de cada modelo de las tapas laterales (Ver tabla 6 y 7)

Tabla 6: Componentes de tapa lateral de celda V Línea

Componentes de tapa lateral de celda V Línea
Cuerpo principal 2 mm de espesor con acanalado
Perfil superior 1
Perfil inferior 1
Perfil inferior 2
Kit aislante
Escalón superior
Escalón inferior

Fuente: Elaboración propia (Ver anexo 9)



Tabla 7: Componentes de tapa lateral de celda P-19

Componentes de tapa lateral de celda P - 19
Cuerpo principal 2 mm de espesor
Chapa principal 0,5 mm de espesor de acero inoxidable
Perfil inferior
Perfil superior
Rejilla
Escalón
Refuerzos laterales
tubo armazón
Remaches
Agarradero superior
Agarradero inferior

Fuente: Elaboración propia (Ver anexo10)

Cabe destacar que cada modelo de tapa lateral posee solo un componente de los señalados por cada tapa.

5.11 PROCESO DE FABRICACIÓN PARA TAPA DE CELDA V LÍNEA

Se describe a continuación el proceso de fabricación observado en el proceso de prueba. (Ver tabla N° 8).

- 1) Los materiales que forman parte de la tapa son trasladados desde el almacén hasta el sitio de trabajo para comenzar la operación.
- 2) Los tubos y las láminas que forman parte de los escalones de la tapa son cortados.
- 3) Una vez cortados los tubos y las láminas, éstas son dobladas por una dobladora.
- 4) Luego los tubos y escalones son ensamblados con soldadura para armar el escalón superior.
- 5) A través de soldadura se fijan el perfil superior, perfil inferior 1, escalón superior y el escalón inferior al cuerpo central de la tapa para posteriormente ser soldados completamente.
- 6) Se suelda el perfil superior.
- 7) Se suelda el perfil inferior 1.
- 8) Se suelda el escalón superior.
- 9) Se suelda el escalón inferior.



- 10) Se inserta el kit aislante conjuntamente con el perfil inferior 2.
- 11) Luego se realiza una inspección final.
- 12) Por último la tapa es trasladada al almacén.

Tabla 8: Flujograma Lineal del proceso de fabricación de tapas laterales

Descripción de la actividad	Simbolo	Tiempo promedio (min)
Buscar materiales a almacén	○ → □ ▽ ⊙	2
Cortar tubos y laminas	○ → □ ▽ ⊙	5
Doblar tubos y laminas	○ → □ ▽ ⊙	10
Ensamblar escalón superior	○ → □ ▽ ⊙	15
Fijar Perfiles y Escalones al cuerpo central	○ → □ ▽ ⊙	26,6
Soldar perfil superior	○ → □ ▽ ⊙	14
Soldar perfil inferior 1	○ → □ ▽ ⊙	14
Soldar escalón superior	○ → □ ▽ ⊙	5,9
Soldar escalón inferior	○ → □ ▽ ⊙	6
Insertar kit aislante junto al perfil inferior 2	○ → □ ▽ ⊙	5
Inspección final	○ → □ ▽ ⊙	1
Traslado a Almacén	○ → □ ▽ ⊙	1
Tiempo total (min)		105,5

Fuente: Elaboración propia

5.12 PROCESO DE REPARACIÓN DE LA TAPA DE CELDA V LÍNEA

Se describe a continuación el proceso de reparación observado en el proceso de prueba (ver tabla N° 9).

- 1) Se selecciona la tapa a reparar y es trasladada a la mesa dobladora colocándose de manera horizontal con los escalones en dirección hacia el suelo hasta encajar con la abertura que la mesa posee.
- 2) Se procede a enderezar el cuerpo central colocando una barra de madera en las partes donde existen deformaciones, que servirá a su vez de base para aplicar la fuerza de un gato hidráulico hasta que el cuerpo de la tapa tome forma plana.

Con una pata de cabra se levantan las pestañas caídas que tengan los refuerzos posteriores de la tapa y con un martillo se enderezan las pestañas levantadas de manera que tome la forma recta que originalmente poseían.

Con una mandarria se golpean aquellas partes del cuerpo central que posean deformaciones hasta obtener una superficie lisa. De



ser el daño muy profundo se procede a usar el gato hidráulico para usar una fuerza mayor.

Una vez enderezado el cuerpo central y los refuerzos, la tapa se coloca de forma inclinada tocando solo el perfil superior de ésta el borde de la mesa de manera que este perfil tenga base para su posterior enderezamiento con un martillo. Este paso se efectúa también para el perfil inferior.

- 3) Una vez completo el enderezamiento, la tapa se traslada al área de limpieza.
- 4) En esta área se le aplica a la tapa aire comprimido para removerle el polvo que contiene en sus partes.
- 5) Luego de estar la tapa sin polvo en su superficie se procede a la aplicación de pintura.
- 6) Por último se traslada al almacén.

Tabla 9: Flujograma lineal del proceso de reparación de tapas laterales

Descripción de la actividad	Símbolo	Tiempo promedio (min)
Montaje de tapa a mesa de trabajo	○ → □ ▽ ⊙	0,72
Enderezado de tapa	○ → □ ▽ ⊙	15,57
Traslado de tapa área de limpieza	○ → □ ▽ ⊙	1
Limpieza con aire comprimido	○ → □ ▽ ⊙	0,21
pintura con compresor	○ → □ ▽ ⊙	1,75
Traslado a Almacén	○ → □ ▽ ⊙	1
Tiempo total (min)		20,25

Fuente: Elaboración propia

5.13 TAPAS LATERALES PARA CELDAS P -19

El proceso de fabricación y reparación de tapas P -19 no se pudo llevar a cabo por los problemas antes citados de falta de organización, falta de materiales, y problemas de ausentismo laboral, por lo cual se tuvo que estimar los tiempos de fabricación y reparación de la tapas mediante los tiempos obtenidos en el proceso que se llevó a cabo para las tapas V Línea. Esto se hizo equiparando ambas tapas haciendo una relación mediante el despiece de estas (Ver anexo 11 y 12), determinándose que la tapa P – 19 posee más componentes y a su vez más de complejidad a la hora de ensamblarlas que la tapa de celda V Línea, por lo que se

estimó un 20% de tiempo adicional para fabricarla con respecto a la tapa V Línea. En cuanto a la reparación, aun cuando no se puede determinar bajo ningún criterio si toma o no más tiempo el proceso en estas, se estimó para las tapas de celdas P - 19 el mismo tiempo obtenido en el seguimiento a las tapas de V Línea por ser los daños producidos similares en ambas.

5.14 MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS

A continuación se presenta un listado de las maquinarias y herramientas que necesitará el Taller para la fabricación y reparación de tapas una vez implantado, con los precios del mercado para el mes de noviembre del año 2014. (Ver tabla N° 10).

Tabla 10: Máquinas y herramientas necesarias para implantar el Taller

MAQUINAS Y HERRAMIENTAS	ESPECIFICACIONES	PRECIO (Bsf)
Taladro neumático	Tamaño de Mandril: 1/2", Potencia: 0,5 a 1 HP, Velocidad de rotacion: 400 rpm	8.900
Máquina de soldar con electrodo	Corriente: 40-225 A - AC, Voltaje alimentacion: 220 V - AC	450.000
Llave de impacto neumática	Ataque: 1/2", Maximo torque: 400-600 lb-pie, Torque de trabajo: 25-400 lb-pie	9.000
Esmeril neumático	Tamaño disco: 7", Rango de potencia: 1 a 1.5 HP	15.000
Sierra reciprocante neumática	Corriente: 10 A, Voltaje alimentacion : 110 V - AC	13.500
Remachadora neumática	remachadora neumática de 3 1/6"	5.546
Ingleteadora	-	26.736
Máquina de soldar mig	-	90.000
Rachet con ataque	1/2"	12.500
Careta para soldador con visor móvil	-	469
Llave ajustable mediana	14"	600
Alicate de presión boca de pato	10 pulgadas	940
Alicate de presión	mediano	450
Cinta métrica	3 metros	230
Prensa móvil tipo sargento de	10"	2.000
Mandarria cabo pequeño	Peso: 1 kg, Longitud de cabo: 30 cm	1.500
Mandarria cabo grande	Peso: 5 kg, Longitud de cabo: 90 cm	3.000
Delantal largo para soldar	-	150
Llave de combinación	7/16 "	250
Llave de combinación	1/2 "	250
Llave de combinación	9/16 "	250
Dado largo hexagonal	7/16 " con ataque de 1/2	230
Dado largo hexagonal	1/2 " con ataque de 1/2	230
Dado largo hexagonal	9/16" con ataque de 1/2	230
Cepillo para limpieza de soldadura	Celda de alambre	150
Caja de herramienta	5 gavetas	5.360
Cizalladora	Hidráulica para aluminio	600.000
Montacargas	11.000 lbs	210.000
Camion	350	3.000.000
Ventilador industrial	Grande	150.000
Dobladora	hidromecánica	450.000

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS Y RESULTADOS

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos del estudio de tiempos realizado mediante el seguimiento a las pruebas, tanto para la fabricación como para la reparación de tapas laterales de las celdas electrolíticas, donde se presenta la cantidad de personal y maquinaria necesaria para el óptimo desempeño del Taller a implantar de acuerdo con el requerimiento obtenido en los cálculos.

Para la recolección de información que se necesita para el estudio de tiempo, se realizaron unas actividades de pruebas donde se ejecutaron las actividades que dicho Taller asumirá una vez implantado. Para ello se tuvo que acondicionar un área provisional dentro de CVG Venalum y disponer de maquinaria que suministró el Departamento Taller Central que tiene tiempo sin utilizarse.

Para efectuar los cálculos correspondientes al estudio de la fuerza laboral requerida para el Taller de fabricación y reparación de tapas laterales se consideraron una serie de premisas, las cuales son:

- El personal que asumió la tarea de prestar apoyo para la realización de las pruebas era de otras áreas, con lo que no disponían de tiempo completo dentro del turno 6:30 a.m. a 3:00 p.m., por lo cual se tomará en cuenta los tiempos efectivos, ya que por ser una operación de prueba existieron muchos tiempos evitables, como por ejemplo la poca disponibilidad de montacargas para el traslado de las tapas, el ausentismo en distintos momentos de algunos de los operadores que prestaban apoyo por problemas de disponibilidad de transporte de personal y algún otro contratiempo generado en el transcurso de las pruebas.

- El requerimiento de tapas laterales que tendrá el Taller está basado en función al plan incorporación de celdas que dispone la empresa (ver apéndice 3 y 4).
- El tamaño de las muestras determinada en el capítulo IV para realizar las pruebas de fabricación y reparación de tapas laterales no guardan similitud a las que realmente se aplicaron para dicho fin, por los problemas de organización, falta de insumos, materia prima y personal citados en el capítulo anterior.
- Las tapas de muestras que se seleccionaron para el proceso de reparación del modelo V Línea tenían distintos tipos de daños con el fin de obtener un tiempo promedio con el menor margen de error posible.
- Los tiempos obtenidos en la realización de las pruebas de fabricación y reparación fueron solamente para el modelo de la tapa lateral de celda V Línea (Ver apéndice 1 y 2), por lo cual se tuvo que estimar los valores para el modelo de tapa lateral P-19. Al tiempo de fabricación de la tapa P-19 se le estimó un 20% adicional por tener más componentes para ser ensamblados en relación a la tapa lateral V Línea, y el tiempo de reparación de la tapa P-19 fue el mismo que se obtuvo en la medición de la tapa V Línea por considerar similitud de daños en la estructura metálica.
- Las cantidades de tapas laterales a reparar fueron estimadas en función al inventario de tapas por reparar que existe en la empresa y en cuanto a las cantidades de tapas a fabricar fueron estimadas en función al plan de Incorporación de celdas. (Ver apéndice 3 y 4).
- Considerando que las cantidades de tapas laterales necesitadas por cada año son variables según lo establecido por el plan de incorporación de celdas, se determinaron tres escenarios en



función del nivel de operaciones a alcanzar en el taller a fin de estimar la cantidad de fuerza laboral en cada uno de ellos:

- Escenario 1: “Planta Normalizada”, Se tomó como patrón los años a partir del año 2021 en adelante donde el requerimiento de tapas será constantes, ya que se proyecta según el plan de incorporación de celdas que serán los años donde la planta tenga sus operaciones normalizadas.
 - Escenario 2: “Mayor”, se tomó como patrón el año 2017 donde el requerimiento de tapas laterales será mayor según el plan de incorporación de celdas.
 - Escenario 3: “Promedio”, se tomó como patrón el promedio de requerimiento de tapas desde el año 2015 hasta el año 2021.
- La jornada de trabajo (JT) definida es $JT = 510$ min/turno, considerando que el taller una vez implantado tendrá un turno de trabajo de 6:30 a.m. a 3:00 p.m. de lunes a viernes establecido por la empresa, exceptuando los días feriados y deduciendo de la jornada de trabajo los tiempos de almuerzo, descanso y organización del puesto de trabajo antes y después de la jornada. Entonces, tenemos la Jornada Efectiva de Trabajo (JET):

$$JET = JT - \sum TF$$

JET = Jornada efectiva de trabajo

JT = Jornada de trabajo

\sum **Tolerancias Fijas**: Almuerzo más tiempo de organización del puesto de trabajo y después de la jornada

Quedando de la siguiente forma:

$$JET = 510 \text{ min} - (15\text{min} + 15\text{min} + 30\text{min}) = 450\text{min}$$

$$JET = 7,5 \text{ horas}$$



Donde los 510 min son de la jornada de trabajo definida anteriormente, 15 minutos para organizar el puesto de trabajo y espera de instrucciones por parte del supervisor antes de la jornada, 15 minutos para organizar el puesto al final de la jornada y 30 minutos para el almuerzo.

6.1 DETERMINACIÓN DE TIEMPO PROMEDIO SELECCIONADO

Una vez realizado el seguimiento a las operaciones de prueba de fabricación y reparación de tapas laterales se procedió a determinar el tiempo promedio seleccionado para cada proceso (ver detalle en apéndice 1 y 2) mediante la siguiente fórmula:

$$TPS = \frac{\sum_1^n M}{n}$$

Dónde:

TPS = Tiempo promedio seleccionado

$\sum_1^n M$ = Sumatoria de mediciones

n = número de mediciones.

TPS reparación = 0,27 hrs/tapa

TPS fabricación = 1,54 hrs/tapa

6.2 DETERMINACIÓN DE CALIFICACIÓN DE VELOCIDAD

Se utilizó el sistema Westinghouse para obtener la calificación de velocidad. Las ponderaciones fueron establecidas por separado para el proceso de fabricación como el de reparación de tapas laterales por no realizarse en el mismo lugar y por los distintos operadores. (Ver tabla 11 y 12).

Ponderaciones para el proceso de Fabricación

Habilidad: Aceptable E1 = -0,05

El operador presenta una destreza aceptable a pesar de ser la primera vez que ejecuta este tipo de actividades.



Esfuerzo: Deficiente F1 = -0,12

El operador demostraba una voluntad deficiente para aplicar sus habilidades.

Condiciones: Regulares D = 0

Las operaciones se realizaron en el área de Envarillado donde se ubicaban las máquinas de soldar, en las mismas condiciones con que normalmente laboran los operadores del área.

Consistencia: Deficiente D = -0,04

El operador ejecuta las actividades de soldadura realizando pausas reiterativas durante el proceso de prueba.

Tabla 11: Calificación de la velocidad para proceso de fabricación

SISTEMA WESTINGHOUSE		
Factor	Categoría/clase	Ponderación
Habilidad	Aceptable E1	-0,05
Esfuerzo	Deficiente F1	-0,12
Condiciones	Regulares D	0
Consistencia	Deficiente D	-0,04
Total		-0,21

Fuente: Sistema Westinghouse

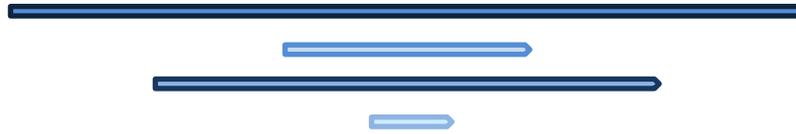
Dónde:

$$CV = 1 + C$$

$$CV = 1 - 0,21$$

$$CV = 0,79$$

Resultando esto en promedio 21% de deficiencia por parte del operador por debajo de la velocidad normal en proceso de fabricación de tapas laterales.



Ponderaciones para el proceso de Reparación

Habilidad: Buena C1 = +0,03

El operador presenta una destreza relativamente buena, teniendo ya experiencia en este tipo de actividades.

Esfuerzo: Regular D = 0

El operador demostraba una voluntad regular para aplicar sus habilidades.

Condiciones: Aceptable E = -0,03

Las operaciones se realizaron bajo unas condiciones aptas para llevarlas a cabo, con el detalle de que existía un nivel de ruido un poco elevado provenientes del área de Reducción.

Consistencia: Excelente B = 0,03

El operador realiza las actividades de manera efectiva y en el tiempo correspondiente.

Tabla 12: Calificación de la velocidad para proceso de reparación

SISTEMA WESTINGHOUSE		
Factor	Categoría/clase	Ponderación
Habilidad	Buena C2	0,03
Esfuerzo	Regular D	0
Condiciones	Aceptables E	-0,03
Consistencia	Excelente B	0,03
Total		0,03

Fuente: Sistema Westinghouse

Dónde:

$$CV = 1 + C$$

$$CV = 1 + 0,03$$

$$CV = 1,03$$

Resultando esto en promedio 3% de eficiencia del operador por encima de la velocidad normal en proceso de reparación de tapas laterales



6.3 CÁLCULO DE TIEMPO NORMAL

Luego se calculó el Tiempo Normal (TN), multiplicando el tiempo promedio seleccionado (TPS) por el valor de Calificación de Velocidad (CV). Cabe destacar que el tiempo promedio seleccionado (TPS) en el proceso de fabricación de la tapa lateral P-19 es un 20% más al proceso de fabricación de la tapa lateral V Línea siendo este un valor estimado y el TPS en el proceso de reparación de ambos modelos de tapas son iguales.

$$TN = TPS \times CV$$

Considerando:

TN: Tiempo normal

TPS: Tiempo Promedio Seleccionado.

CV: Calificación de Velocidad.

Entonces se determinó el tiempo normal

$$TN \text{ Fabricación tapa V línea} = 1,54 \text{ hrs/tapa} * 0,79 = 1,22 \text{ hrs/tapa}$$

$$TN \text{ Fabricación tapa P-19} = (1,54 \text{ hrs/tapa} + 20\%(1,54 \text{ hrs/tapa}) * 0,79 = 1,46 \text{ hrs/tapa}$$

$$TN \text{ Reparación tapa V línea y P-19} = 0,27 \text{ hrs/tapa} * 1,03 = 0,28 \text{ hrs/tapa}$$

6.4 CÁLCULO DEL TIEMPO ESTÁNDAR

Se establece mediante la siguiente ecuación:

$$TE = TN * \frac{1}{1 - C}$$

Dónde:

TE = Tiempo Estándar

TN = Tiempo Normal

C = Concesiones por fatiga. Luego de haber sumado el total de puntos en el formato de concesiones (ver anexo 4) se busca la relación que tiene



este valor con el porcentaje de concesión por clase ubicado en la tabla de concesiones por fatiga (ver anexo 2).

Tiempo estándar para la fabricación tapa V línea:

$$TE = 1,22 \text{ hrs/tapa} * \frac{1}{1 - 0,15}$$

Tiempo estándar para la fabricación tapa P – 19:

$$TE = 1,46 \text{ hrs/tapa} * \frac{1}{1 - 0,15}$$

Tiempo estándar para la reparación tapa V línea y P – 19:

$$TE = 0,28 \text{ hrs/tapa} * \frac{1}{1 - 0,15}$$

Entonces:

$$TE \text{ Fabricación tapa V línea} = 1,44 \text{ hrs/tapa}$$

$$TE \text{ Fabricación tapa P – 19} = 1,72 \text{ hrs/tapa}$$

$$TE \text{ Reparación tapa V línea P - 19} = 0,33 \text{ hrs/tapa}$$

Es importante señalar que estos son tiempos estándares temporales, ya que por ser la fabricación y reparación de tapas laterales una operación nueva en la empresa los empleados requieren tiempo para desarrollar la habilidad con la cual se alcance la eficiencia más alta.

6.5 CÁLCULO DEL TIEMPO TOTAL DE TRABAJO Y ATENCIÓN

El cálculo del Tiempo Total de Trabajo y Atención se realizó por medio de la estandarización de los tiempos de fabricación y reparación de las tapas laterales hallados anteriormente. A continuación se presentan los resultados de los T.T.T.A. para los 3 escenarios anteriormente citados:

$$T.T.T.A. = TE * Q * N$$

Dónde:

TE = Tiempo Estándar.

Q = Cantidad de productos requeridos (tapas laterales)

N = Número de operadores que realizan las actividades



Debido a que las actividades de pruebas de fabricación y reparación de tapas laterales no fueron realizadas por una cantidad de operadores fija, se procedió a determinar el número de operadores promedio para cada operación (como se muestra en el apéndice 1 y 2), siendo éstas:

N promedio Reparación = 1,24 operadores

N promedio Fabricación = 1,14 operadores

Luego se procedió a determinar el T.T.T.A. como se muestra en el apéndice 5 y 6, y se seleccionó los resultados correspondientes a los 3 escenarios anteriormente planteados.

Entonces se obtienen los resultados para cada escenario:

T.T.T.A. Planta Normalizada = 7.038,66 horas/año

T.T.T.A. Mayor = 12.002,86 horas/año

T.T.T.A. Promedio = 7.491,97 horas/año

6.6 REQUERIMIENTO DE PERSONAL

$$R = \left(\frac{T.T.T.A}{T.T.T - C} \right) * FV$$

Dónde:

T.T.T.A. = Tiempo Total de Trabajo y Atención

T.T.T. = Tiempo Total de Trabajo (1 turno/día * 9 hrs/día * 250 días/año)

C = Concesiones (1 turno/día * 168min/60 * 250 días/año)

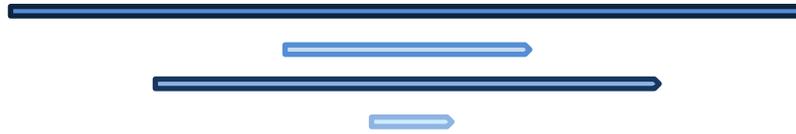
FV = Factor de vacaciones = 12 / 11 = 1,0909

Entonces por cada escenario se tienen:

Requerimiento de personal (Planta normalizada)

$$R = \frac{7.038,66 \text{ hrs/año}}{2250 \text{ hrs/año} - 700 \text{ hrs/año}} * 1,0909$$

Requerimiento de personal (Mayor)



$$R = \frac{12.002,86 \text{ hrs/año}}{2250 \text{ hrs/año} - 700 \text{ hrs/año}} * 1,0909$$

Requerimiento de personal (Promedio)

$$R = \frac{7.491.97 \text{ hrs/año}}{2250 \text{ hrs/año} - 700 \text{ hrs/año}} * 1,0909$$

R (Planta Normalizada).= 4,95 ≈ 5 personas/turno

R (Mayor) = 8,45 ≈ 9 personas/turno

R (Promedio).= 5,27 ≈ 6 personas/turno

6.7 CÁLCULO DE CARGA DE TRABAJO

Después se calcula la Carga de Trabajo (CT), que es el porcentaje de tiempo que una persona o equipo se encuentra operativo durante una jornada continua de trabajo. Viene expresado de la siguiente manera:

$$CT = \left(\frac{T.T.T.A.}{T.T.T} \right) * 100\% + \sum \%Fc$$

Dónde:

T.T.T.A. = Tiempo total de trabajo y atención

T.T.T. = Tiempo Total de Turno

$\sum \%Fc$ = Factor de concesiones (sumatoria de las demoras inevitables)

$$\sum Fc = \frac{DI}{T.T.T} * 100\%$$

Dónde:

DI= Demoras Inevitables

$$\sum Fc = \frac{164 \text{ min}}{540 \text{ min/turno}} * 100\%$$

$\sum Fc = 30,37 \%$

Luego se determinó la Carga de trabajo anualizada, que para efectos del estudio fue en función de los tres escenarios antes mencionados.

Carga de trabajo con T.T.T.A Planta normalizada:



$$CT = \left(\frac{7.038,66}{9hrs * 250 dias} \right) * 100\% + \sum Fc\% = 343,2 \%$$

Carga de trabajo con T.T.T.A Mayor:

$$CT = \left(\frac{12.002,86 hrs/año}{9hrs * 250 dias} \right) * 100\% + \sum Fc\% = 563,83 \%$$

Carga de trabajo con T.T.T.A Promedio:

$$CT = \left(\frac{7.491,97}{9hrs * 250 dias} \right) * 100\% + \sum Fc\% = 363,35 \%$$

Después de determinada la carga de trabajo general se divide entre el requerimiento de personal hallado, para obtener la carga de trabajo por operador en cada uno de los escenarios como se muestra a continuación:

$$CT \text{ Planta Normalizada} = 343,2\%/5 = 68,64\%$$

$$CT \text{ Mayor} = 563,83\%/9 = 65,08\%$$

$$CT \text{ Promedio} = 363,35\%/6 = 60,56\%$$

6.8 ESTIMACIÓN DEL NÚMERO DE MÁQUINAS

Como parte del estudio se procedió a determinar el número de máquinas para el óptimo desempeño del Taller. Pero antes se debe tener presente cuáles son las máquinas principales que deberá disponer el Taller de Fabricación y Reparación de tapas, las cuales son:

- La máquina de soldar con electrodo
- La máquina de soldar MIG
- La cizalladora
- La dobladora

Para el cálculo del número de estas máquinas se tuvo presente ciertos criterios:

- Se tomará como base para este estudio el año 2021 en adelante por ser el año donde la planta estará normalizada, lo que representará un requerimiento de tapas constantes año tras año.



Además esto implicará que no se compre un excedente de máquinas evitando inversiones innecesarias.

- Los años que se tomarán como objeto de estudio solo se llevará a cabo el proceso de fabricación de tapas laterales, solo habrá reparaciones de menores cantidad de tapas con daños menores.
- Dentro del proceso de fabricación de tapas, el sub - proceso de soldadura representa el de mayor porcentaje del tiempo total trabajado, representando éste un 80% aproximadamente del total de todos los sub – procesos que comprende la fabricación, estando el 20% del tiempo restante repartido entre los demás sub - procesos. Con lo cual se estimará el número de máquinas cizalladoras y dobladoras a partir del número de máquinas de soldar obtenido.

Procedimiento para el cálculo de número de máquinas de soldar:

- 1) El número de máquinas requeridas está en función de la cantidad total de tapas laterales a fabricar, del número de horas de trabajo y de la tasa de producción y utilización de las máquinas (considerando los tiempos de mantenimiento de éstas).

$$Qt = \frac{Qr}{(1 - d)}$$

Qr = Cantidad de tapas laterales de buena calidad demandada.

Qt = Cantidad total de tapas laterales a producir.

d = Porcentaje de tapas laterales defectuosas.

Para los años a estudiar, el número de tapas anuales requeridas será de 3.888 tapas, y el porcentaje de unidades defectuosas que se tomará será de 5%. Por lo cual la cantidad de componentes a producir será:

$$Qt = \frac{3.888}{(1 - 0.05)}$$

Qt = 4093 tapas a producir



2) Luego se determina el número de horas de trabajo anuales:

$$H/\text{días} = \text{Tiempo total de turno} - \text{Tiempo no trabajado}$$

$$H/\text{días} = (510 \text{ min} - 30 \text{ min}) / 60$$

$$H/\text{días} = (480 \text{ min}) / 60$$

$$H/\text{días} = 8$$

$$H/\text{año} = H/\text{días} * 250 \text{ días hábiles}$$

$$H/\text{año} = 2.000.$$

3) Luego se determina la tasa real de producción de la máquina: Las maquinas suelen detenerse por diversas razones: mantenimiento preventivo, preparación y ajuste, ausencia de empleados, falta de materiales, descomposturas. Estos eventos reducen la tasa de producción de las máquinas. Con la ayuda de esta tasa se evaluó la tasa real de producción de la máquina de soldar.

$$\mathbf{Treal = Tasa \text{ reg} * U}$$

Treal = Tasa real

Tasa reg. = Tasa regular (unidades/hora)

U = Tasa de utilización

Para los años a estudiar, el número de tapas anuales requeridas será de 2.880 tapas P-19 y 1.008 tapas V Línea para un total de 3.888 tapas laterales (Ver apéndice 3), pero ambos modelos de tapas poseen tiempos de soldaduras distintos. De acuerdo al seguimiento realizado para el proceso de fabricación se determinó que el sub – proceso de soldadura ocurre en 1,35 horas para la fabricación de 1 tapa lateral V Línea y para el modelo P-19 se estimó en 1,62 horas para la fabricación de 1 tapa lateral (20% más que el modelo V Línea). Por lo cual se tuvo que hallar un tiempo promedio al proceso de soldadura partiendo de los datos citados, quedando que 1 tapa lateral se lleva 1,55 horas de soldadura, representando esto 0,65 tapas soldadas por hora (tasa reg.)

La tasa de utilización (U) estimada fue de 95%.



Quedando:

$$T_{real} = 0,65 * 95\%$$

$$T_{real} = 0,62 \text{ proceso de soldadura/H}$$

Teniendo en cuenta estos 3 elementos, el número de máquinas (N) es por tanto igual a la cantidad total por producir (Qt) dividida entre la capacidad real anual de producción de una maquina (Creal), que es igual a la tasa de producción por el número anual de horas de trabajo (H):

$$C_{real} = T_{real} * H$$

$$C_{real} = 0,62 \text{ sol/H} * 2.000 \text{ h/año}$$

$$C_{real} = 1.240 \text{ sol/año}$$

Determinándose el número de máquinas

$$N = \frac{Q_t}{C_{real}} = \frac{4.093}{1.240}$$

NUMERO DE MÁQUINA = 3.30

Siendo el número de máquinas de soldar 3 aproximadamente.

A partir de esta cantidad de máquinas de soldar se pudo inferir el número de máquinas cizalladoras y dobladoras. Por no representar cada una de ellas ni el 20% del total de las operaciones que corresponden en la fabricación se estima en función de los datos que sea 1 maquina cizalladora y 1 máquina dobladora la que necesite el Taller.

Quedando el cuadro de máquinas principales como se presenta en la tabla N° 13.

Tabla 13: Números de máquinas principales estimadas para el Taller

MAQUINAS PRINCIPALES DEL TALLER	CANTIDAD
MÁQUINA DE SOLDAR CON ELECTRODOS	1
MÁQUINA DE SOLDAR MIG	2
CIZALLADORA	1
DOBLADORA	1

Fuente: Elaboración propia

6.9 ESTIMACIÓN DE EQUIPOS AUXILIARES

Existen otros equipos de menor envergadura pero necesarios para las funciones del Taller, los cuales se estimaron de forma cualitativa, estableciendo que se necesitarán como mínimo 1 unidad de cada uno de ellos, pero para evitar contratiempos y no verse afectada las operaciones del Taller por cualquier eventualidad, extravío o daño ocurrido en éstos, se decidió estimar 2 equipos por cada tipo. A continuación se presentan estos equipos (ver tabla N° 14).

Tabla 14: Estimación de números de equipos auxiliares

EQUIPOS AUXILIARES	CANTIDAD
TALADRO NEUMATICO	2
LLAVE DE IMPACTO NEUMATICA	2
ESMERIL NEUMATICO	2
SIERRA RECIPROCANTE NEUMATICA	2
REMACHADORA NEUMATICA	2
INGLETEADORA	2

Fuente: Elaboración propia

6.10 ESTIMACIÓN DE EQUIPOS MÓVILES

Se necesita para el traslado de los materiales dentro y fuera del Taller, así como para el traslado de las tapas hacia los Complejos de Reducción o viceversa 1 montacargas y 1 camión, ya que estas operaciones se realizarán de manera esporádica.

6.11 CAJA DE HERRAMIENTAS

Se realizó una distribución de herramientas mediante cajas, tanto para la Fabricación como para la Reparación de tapas laterales, para implementarlas una vez puesto en marcha el Taller, teniendo así un stock de herramientas inicial. (ver tabla N° 15 y N° 16)

Tabla 15: Caja de herramientas para proceso de fabricación de tapas laterales

CAJA DE HERRAMIENTAS PARA FABRICACIÓN	CANTIDAD
RACHET CON ATAQUE 1/2"	1
CARETA PARA SOLDADOR CON VISOR MOVIL	1
LLAVE AJUSTABLE MEDIANA DE 14"	1
ALICATE DE PRESION BOCA DE PATO	1
ALICATE DE PRESION MEDIANO	1
CINTA METRICA 3MTS	4
PRESA MOVIL TIPO SARGENTO DE 10"	4
DELANTAL LARGO PARA SOLDAR	1
DADO LARGO HEXAGONAL 7/16 " CON ATAQUE DE 1/2	1
DADO LARGO HEXAGONAL 1/2 " CON ATAQUE DE 1/2	1
DADO LARGO HEXAGONAL 9/16" CON ATAQUE DE 1/2	1
CEPILLO PARA LIMPIEZA DE SOLDADURA	1
LLAVE DE COMBINACION 7/16 "	1
LLAVE DE COMBINACION 1/2 "	1
LLAVE DE COMBINACION 9/16 "	1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16: Caja de herramientas para proceso de reparación de tapas laterales

CAJA DE HERRAMIENTAS PARA REPARACIÓN	CANTIDAD
RACHET CON ATAQUE 1/2"	1
CARETA PARA SOLDADOR CON VISOR MOVIL	1
LLAVE AJUSTABLE MEDIANA DE 14"	1
ALICATE DE PRESION BOCA DE PATO	1
ALICATE DE PRESION MEDIANO	1
MANDARRIA CABO PEQUEÑO	2
MANDARRIA CABO GRANDE	2
DELANTAL LARGO PARA SOLDAR	1
DADO LARGO HEXAGONAL 7/16 " CON ATAQUE DE 1/2	1
DADO LARGO HEXAGONAL 1/2 " CON ATAQUE DE 1/2	1
DADO LARGO HEXAGONAL 9/16" CON ATAQUE DE 1/2	1
CEPILLO PARA LIMPIEZA DE SOLDADURA	1
LLAVE DE COMBINACION 7/16 "	1
LLAVE DE COMBINACION 1/2 "	1
LLAVE DE COMBINACION 9/16 "	1

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

Culminada la investigación referente a la determinación de la fuerza laboral y maquinaria para la implementación de un Taller de fabricación y reparación de tapas laterales para celdas electrolíticas, se concluye:

- El requerimiento de fuerza laboral para los cargos que se desempeñarán en el Taller varía según la demanda de las tapas de cada año a partir del año 2015, con lo que se determinaron los 3 requerimientos más representativos. Donde el T.T.T.A. es mayor el requerimiento de personal es de 9 personas. Donde T.T.T.A. es promedio desde el año 2015 hasta el 2021 el requerimiento es de 6 personas y donde el T.T.T.A representa la planta una vez normalizada (año 2021 en adelante) es de 5 personas.
- La carga de trabajo por operador varía según los periodos estudiados, siendo y la CT Planta Normalizada (escenario 1) = 68,64 %, CT Mayor (escenario 2) = 65,08 % y la CT Promedio (escenario 3) = 60,56%, lo que representa menos del 80% permitido en CVG Venalum.
- Por ser un Taller nuevo se requiere la contratación de nuevo personal o la redistribución de personal de CVG Venalum para cumplir con el requerimiento de personal.
- Es importante destacar que la aplicación del Taller se realizará siempre y cuando se ponga en marcha el aumento de la productividad hasta llegar a la normalización de planta en un 100%, de lo contrario el Taller no tendría sentido implementarlo.
- El requerimiento de fuerza laboral y maquinaria del Taller está en función a la producción de tapas laterales, pero si quisiera hacer en función a los demás componentes de hermeticidad es necesario realizar otro estudio.

RECOMENDACIONES

Por medio de los resultados y las conclusiones obtenidas se recomienda realizar las siguientes acciones:

- Se recomienda tomar como opción más aceptable el requerimiento de personal que se necesitará una vez normalizada la planta (5 operadores), ya que en este caso los requerimientos de tapas serán constante a partir del año 2021.
- Los años donde se necesiten más de 5 operadores para cumplir con las exigencias dadas, se recomienda apoyarse en contrataciones externas o contratar personal y alquilar maquinaria solo en ese período, de manera de no realizar una sobre inversión que afecte el rendimiento del Taller
- No es necesario comprar un camión 350 y un montacargas debido al poco uso que se le empleará, por lo que se recomienda solicitar estos equipos a otras áreas de CVG Venalum cada vez que se necesite.
- Por representar la soldadura un 80% del total de las actividades que se realizarán en el Taller, el tipo de mano de obra que se recomienda contratar son soldadores, ya que las demás operaciones no representan una complejidad mayor y pueden ser ejercidas por ellos.

BIBLIOGRAFÍA

- BENJAMIN W. NIEBEL & ANDRIS FREIVALDS. **Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo**. 12va Edición.
- L. TAWFIK & A. M. CHAUVEL (1995). **Administración de la producción** Edición Mc Graw Hill.
- **Manual de Inducción 2009. CVG VENALUM**
- SANTA PALELLA STRACUZZI & FELIBERTO MARTINS PESTANA (2003). **Metodología De Investigación Cuantitativa**. Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador.
- ROSA ROJAS DE NARVAEZ. **Orientaciones prácticas para la Elaboración de informes de Investigación**. 2da Edición. Editorial Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre”.
- <http://www2.uacj.mx/IIT/CULCYT/noviembre-diciembre2005/4Tiempos.pdf>



APÉNDICES

Apéndice 1: Formato de observación de las reparaciones de tapas V Línea

Muestra	TIEMPOS (min/actividad)							
	Montaje de tapa a mesa de trabajo	Enderezado de tapa	Traslado de tapa a área de limpieza	Limpieza con aire comprimido	Pintura con compresor	Traslado de tapa hacia almacén	TPS	TPS*N
1	0,40	9,00	1,00	0,21	2,73	1,00	14,34	14,34
2	0,60	7,00	1,00	0,21	2,40	1,00	12,21	19,21
3	0,66	15,00	1,00	0,21	2,15	1,00	20,02	20,02
4	1,13	13,45	1,00	0,21	1,81	1,00	18,60	18,60
5	1,00	12,00	1,00	0,21	1,60	1,00	16,81	16,81
6	1,50	38,50	1,00	0,21	1,30	1,00	43,51	43,51
7	1,00	9,50	1,00	0,21	1,65	1,00	14,36	14,36
8	0,83	10,00	1,00	0,21	1,86	1,00	14,90	14,90
9	0,50	7,66	1,00	0,21	1,11	1,00	11,48	19,14
10	0,66	8,33	1,00	0,21	1,43	1,00	12,63	20,96
11	0,50	10,08	1,00	0,21	1,63	1,00	14,42	24,50
12	0,58	10,50	1,00	0,21	2,16	1,00	15,45	25,95
13	0,62	6,50	1,00	0,21	1,25	1,00	10,58	17,08
14	0,33	8,00	1,00	0,21	1,36	1,00	11,90	19,90
15	0,66	5,16	1,00	0,21	1,70	1,00	9,73	14,89
16	0,83	13,33	1,00	0,21	1,16	1,00	17,53	17,53
17	1,00	11,33	1,00	0,21	2,41	1,00	16,95	28,28
18	0,75	5,16	1,00	0,21	1,75	1,00	9,87	15,03
19	0,50	17,83	1,00	0,21	1,75	1,00	22,29	22,29
20	0,38	3,33	1,00	0,21	1,75	1,00	7,67	11,00

Continuación Apéndice 1

21	0,48	9,00	1,00	0,21	1,75	1,00	13,44	13,44
22	0,71	5,50	1,00	0,21	1,75	1,00	10,17	15,67
23	0,66	24,00	1,00	0,21	1,75	1,00	28,62	28,62
24	0,58	11,50	1,00	0,21	1,75	1,00	16,04	16,04
25	0,36	11,33	1,00	0,21	1,75	1,00	15,65	15,65
26	0,63	8,16	1,00	0,21	1,75	1,00	12,75	12,75
27	0,50	24,05	1,00	0,21	1,75	1,00	28,51	28,51
28	0,91	10,50	1,00	0,21	1,75	1,00	15,37	25,87
29	1,30	16,40	1,00	0,21	1,75	1,00	21,66	38,06
30	1,00	8,40	1,00	0,21	1,75	1,00	13,36	13,36
31	0,75	11,66	1,00	0,21	1,75	1,00	16,37	16,37
32	0,93	9,33	1,00	0,21	1,75	1,00	14,22	23,55
33	0,50	7,36	1,00	0,21	1,75	1,00	11,82	19,18
34	0,80	18,50	1,00	0,21	1,75	1,00	23,26	23,26
PROM. (MIN/TAPA)	0,72	15,57	1,00	0,21	1,75	1,00	16,37	20,25
PROM. (HRAS/TAPA)	0,012	0,26	0,017	0,004	0,03	0,017	0,27	0,34

N promedio = TPS*N/TPS

N promedio = 20,25/16,37 = 1.24 operadores

Nota: Los tiempos marcados en color rojo indica que fueron actividades realizadas por 2 operadores.

Apéndice 2: Formato de observación de la fabricación de tapas V Línea

FABRICACION DE TAPAS LATERALES ACANALADAS DE CELDAS V LINEA														
TIEMPOS (MINUTOS POR ACTIVIDAD)														
MUESTRA	Buscar materiales a almacén	Cortar tubos y escalones	Doblar tubos y escalones	Ensamblar escalón superior y Asas	Fijar Perfiles y Escalones al cuerpo central	Soldar perfil superior	Soldar perfil inferior	Soldar escalón superior y asas	Soldar escalón inferior	Insertar kit aislante	Inspección final	Traslado a almacén	TPS	TPS*N
1	2	5	10	15	13,3	14	14	5,9	6	5	1	1	92,2	105,5
PROM. (HRAS/TAPA)	0,03	0,08	0,17	0,25	0,22	0,23	0,23	0,10	0,10	0,08	0,02	0,02	1,54	1,76

$$N \text{ promedio} = \text{TPS} * N / \text{TPS}$$

$$N \text{ promedio} = 105,5 / 92,2 = 1,14 \text{ operadores}$$

Nota: Los tiempos marcados en color rojo indica que fueron actividades realizadas por 2 operadores.

Apéndice 3: Plan de incorporación de celdas y tapas laterales requeridas

AREA DE REDUCCION	PLAN DE INCORPORACION						
	2.015	2.016	2.017	2.018	2.019	2.020	2.021
CELDA EN PRODUCCIÓN							
P-19	195	252	456	668	714	714	714
V-L	101	165	178	178	178	178	178
TOTAL	296	417	634	846	891	891	891
CELDA A INCORPORAR							
P-19	111	213	288	202	60	60	144
V-L	96	88	36	36	36	36	36
TOTAL	207	301	324	238	96	96	180
REQUERIMIENTO DE TAPAS LATERALES PARA CELDA EN PRODUCCIÓN							
P-19	3.898	5.041	9.128	13.368	14.275	14.275	14.275
V-L	2.827	4.615	4.976	4.976	4.976	4.976	4.976
TOTAL	6.725	9.656	14.104	18.344	19.251	19.251	19.251
REQUERIMIENTO DE TAPAS LATERALES							
P-19	2.220	4.260	5.760	4.040	1.200	1.200	2.880
V-L	2.688	2.464	1.008	1.008	1.008	1.008	1.008
TOTAL	4.908	6.724	6.768	5.048	2.208	2.208	3.888

Nota: El requerimiento de tapas laterales para el año 2015 se determinó mediante el plan de celdas en producción ya que este contempla las celdas a incorporar, a desincorporar y las que ya estaban en funcionamiento. Para los años siguientes se determinó el requerimiento mediante el plan de incorporación de celdas.

Apéndice 4: Cantidad de tapas laterales para fabricación y reparación según el periodo seleccionado

AREA DE REDUCCION	PROPUESTA FABRICACION / REPARACION TAPAS LATERALES							
	Inventario Inicial	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
P-19	Buenas	0	0	0	0	0	0	0
	Reparables	2.219	0	0	0	0	0	0
	Fabricacion	1.763	4.473	6.048	4.242	1.260	1.260	3.024
	SUB-TOTAL	3.982	4.473	6.048	4.242	1.260	1.260	3.024
V-L	Buenas	0	0	0	0	0	0	0
	Reparables	2.827	785	0	0	0	0	0
	Fabricacion	0	1.763	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058
	SUB-TOTAL	2.827	2.548	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058
TOTAL ESTIMADO CON 5% ADICIONAL	Reparables	5.046	785	0	0	0	0	0
	Fabricacion	1.763	6.236	7.106	5.300	2.318	2.318	4.082
	TOTAL	6.809	7.021	7.106	5.300	2.318	2.318	4.082

Nota: A las cantidades requeridas de tapas laterales en cada año se le asignó un 5% adicional de estas para fabricar, de manera de poder tener una reserva de estas que evite retrasos en supuestos inconvenientes.

Apéndice 5: Tiempo Total de Trabajo y Atención en la fabricación y reparación de las tapas laterales V Línea y P- 19

T.T.T.A PARA FABRICACIÓN Y REPARACIÓN DE TAPAS LATERALES V LÍNEA							
Año	Cantidad de Tapas Laterales por Reparar	TE*N (Hrs/tapa)	T.T.T.A. reparación	Cantidad de Tapas Laterales por Fabricar	TE*N (Hrs/tapa)	T.T.T.A. fabricación	T.T.T.A (Fab. + Rep)
2.015	2.219	0,41	908,01	1.763	1,64	2.894,06	3.802,07
2.016	0,00		0,00	4.473		7.342,88	7.342,88
2.017	0,00		0,00	6.048		9.928,40	9.928,40
2.018	0,00		0,00	4.242		6.963,67	6.963,67
2.019	0,00		0,00	1.260		2.068,42	2.068,42
2.020	0,00		0,00	1.260		2.068,42	2.068,42
2.021	0,00		0,00	3.024		4.964,20	4.964,20
T.T.T.A PARA FABRICACIÓN Y REPARACIÓN DE TAPAS LATERALES P - 19							
Año	Cantidad de Tapas Laterales por Reparar	TPS*N (Hrs/tapa)	T.T.T.A. Reparación	Cantidad de Tapas Laterales por Fabricar	TPS*N (Hrs/tapa)	T.T.T.A. Fabricación	T.T.T.A (Fab. + Rep)
2.015	2.827	0,41	1.156,81	0	1,96	0,00	1.156,81
2.016	785		321,22	1.763		3.455,38	3.776,60
2.017	0,00		0,00	1.058		2.074,46	2.074,46
2.018	0,00		0,00	1.058		2.074,46	2.074,46
2.019	0,00		0,00	1.058		2.074,46	2.074,46
2.020	0,00		0,00	1.058		2.074,46	2.074,46
2.021	0,00		0,00	1.058		2.074,46	2.074,46

Apéndice 6: Tiempo Total de Trabajo y Atención final para cada año en el periodo estudiado

Año	T.T.T.A PARA TAPAS V LÍNEA Y P - 19 (Fab. + Rep)
2.015	4.958,88
2.016	11.119,48
2.017	12.002,86
2.018	9.038,13
2.019	4.142,88
2.020	4.142,88
2.021	7.038,66

Apéndice 7: Precios y proveedores del historial de compras de tapas laterales para celdas P-19

AÑO	PRECIO PROMEDIO (Bsf)	PROVEEDOR
1999	112	Servicios Venta y Fabricación, C.A.
2000	120	Técnica del Acero, C.A.
		Suramericana de Importación y Expor
		Servicios Venta y Fabricación, C.A.
		Construcciones Delli Carpini, C.A.
		Industrias Del Orinoco, C.A.
2002	172	Construcciones Delli Carpini, C.A.
		Servicios Venta y Fabricación, C.A.
		Suramericana de Importación y Expor
		Industrias Del Orinoco, C.A.
2003	229,72	Suramericana de Importación y Expor
		Servicios Venta y Fabricación, C.A.
2004	277	Suramericana de Importación y Expor
		Construcciones Delli Carpini, C.A.
2005	314	Suramericana de Importación y Expor
		Construcciones Delli Carpini, C.A.
2006	374	Suramericana de Importación y Expor
		Construcciones Delli Carpini, C.A.
2007	430	Suramericana de Importación y Expor
2008	645	Suramericana de Importación y Expor
		Servicios Norca, C.A.

Apéndice 8: Precios y proveedores del historial de compras de tapas laterales para celdas V línea.

AÑO	PRECIO PROMEDIO (Bsf)	PROVEEDOR
1999	178	Taller Ordaz Mecánico Industrial, C.A.
2000	190	Servicios Venta y Fabricación, C.A.
		Suramericana de Importación y expor
2001	201	Suramericana de Importación y expor
2002	293	Taller Ordaz Mecánico Industrial, C.A.
2003	362	Suramericana de Importación y expor
2004	432	Suramericana de Importación y expor
2005	510	Suramericana de Importación y expor
2006	657	Suramericana de Importación y expor
2008	1.280	Suramericana de Importación y expor
2009	1.465	Suramericana de Importación y expor

Apéndice 9: Costo de fabricación estimado de la tapa para celda V Línea

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	FACTOR	PRECIO	MONTO	Bs/UNID.	%
Bobina de Aluminio 3 mm	uni	1,00	0,010	112.500,00	1.125,00	1.125,00	9,19%
Acanalado de lámina 3 mm (Maquila)	serv	1,00	1,00	850,00	850,00	850,00	6,94%
Chapa de 1/8" (escalones)	uni	1,00	0,17	450,00	74,97	74,97	0,61%
Kit de perfiles	kit	1,00	1,00	1.050,00	1.050,00	1.050,00	8,57%
Kit de aislante (hojaldré)	kit	1,00	1,00	4.275,00	4.275,00	4.275,00	34,91%
Kit de apernado	kit	1,00	1,00	175,00	175,00	175,00	1,43%
Alambre de Aluminio 1/16"	kg	0,50	1,00	1.050,00	525,00	525,00	4,29%
Tubo Aluminio 18x6000/22	uni	1,00	0,50	410,00	205,00	205,00	1,67%
Argón	bomb	1,00	0,03	1.200,00	36,00	36,00	0,29%
Costo de Materiales						8.315,97	67,91%
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	UNIDAD	CANTIDAD	FACTOR	COSTO	MONTO	Bs/UNID.	%
Máquina de Soldar	EQUIP.	1,00	0,003	137.085,09	411,26	41,13	0,34%
Dobladora	EQUIP.	2,00	0,003	4.500,00	27,00	2,70	0,02%
Llave neumática	EQUIP.	1,00	0,003	5.000,00	15,00	1,50	0,01%
Sierra neumática	EQUIP.	2,00	0,003	8.000,00	48,00	4,80	0,04%
Ingleteadora	EQUIP.	2,00	0,003	30.000,00	180,00	18,00	0,15%
Taladro neumático	EQUIP.	2,00	0,003	5.500,00	33,00	3,30	0,03%
Esmeril neumático	EQUIP.	2,00	0,003	9.300,00	55,80	5,58	0,05%
Remachadora	EQUIP.	2,00	0,003	8.800,00	52,80	5,28	0,04%
Caja de herramientas Soldador	JGO.	1,00	0,005	29.592,68	147,96	14,80	0,12%
Costo de Equipos						97,08	0,79%
MANO DE OBRA	UNIDAD	CANTIDAD	FACTOR	JORNADA/DÍA	MONTO	Bs/UNID.	%
Soldador Mayor	PERS.	3,00	1,00	244,04	732,12	73,21	0,60%
Soldador Inicial	PERS.	3,00	1,00	212,85	638,55	63,86	0,52%
Mano de Obra						137,07	1,12%
Factor de Beneficio 10,14						1.389,86	11,35%
Costo Total Mano de Obra						1.526,93	12,47%
Costo Directo Sub-Total " A "						9.939,98	81,17%
Admón. y Gastos Generales 12%						1.192,80	9,74%
Sub-Total " B "						11.132,78	90,91%
Imprevistos 10%						1.113,28	9,09%
TOTAL PRECIO UNITARIO (Bs.Unidad)						12.246,05	100,00%



ANEXOS

Anexo 1: Sistema Westinghouse

CALIFICACIÓN DE VELOCIDAD

SISTEMA WESTINGHOUSE

<u><i>HABILIDAD</i></u>			<u><i>ESFUERZO</i></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><i>CONDICIONES</i></u>			<u><i>CONSISTENCIA</i></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 2: Tabla de concesiones por fatiga

CONCESIONES POR FATIGA				$\text{MINUTOS CONCEDIDOS} = \frac{\text{CONCESIÓN \% x JORNADA EFECTIVA}}{1 + \text{CONCESIÓN \%}}$			
CLASE	LÍMITES DE CLASE		CONCESIÓN (%) POR CLASE	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 MÁS	30	118	111	104	97



Anexo 3: Definiciones Operacionales de los factores de fatiga

A. <u>CONDICIONES DE TRABAJO:</u> 1) TEMPERATURA. 2) CONDICIONES AMBIENTALES. 3) HUMEDAD. 4) NIVEL DE RUIDO. 5) ILUMINACIÓN		
1. TEMPERATURA	<u>GRADO 1.</u>	(5 PUNTOS). Climatización bajo control eléctrico o mecánico. $20^{\circ}\text{C} < \text{Temperatura} \leq 24^{\circ}\text{C}$.
	<u>GRADO 2.</u>	(10 PUNTOS). Temperatura controlada por los requerimientos de la tarea. a) Para trabajos interiores: $24^{\circ}\text{C} < \text{Temperatura} \leq 29.5^{\circ}\text{C}$. b) Para trabajos externos: $26.5^{\circ}\text{C} < \text{Temperatura} \leq 32^{\circ}\text{C}$.
	<u>GRADO 3.</u>	(15 PUNTOS). Temperatura controlada por los requerimientos de la tarea. a) Para trabajos interiores: $26.5^{\circ}\text{C} < \text{Temperatura} \leq 28^{\circ}\text{C}$. b) Para trabajos externos o con circulación de aire: $32^{\circ}\text{C} < \text{Temperatura} \leq 34.5^{\circ}\text{C}$.
	<u>GRADO 4.</u>	(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. CONDICIONES AMBIENTALES	<u>GRADO 1.</u>	(5 PUNTOS) a) Operaciones normales en Exteriores. b) Operaciones en ambientes acondicionados con aire fresco y libre de malos olores.
	<u>GRADO 2.</u>	(10 PUNTOS) Ambientes de planta o de oficina sin aire acondicionado. Ocasionalmente pueden presentarse malos olores o mala ventilación.
	<u>GRADO 3.</u>	(20 PUNTOS). Ambientes cerrados y pequeños, sin movimiento de aire. Ambientes con polvo y/o humos en forma limitada
	<u>GRADO 4.</u>	(30 PUNTOS). Ambientes tóxicos. Mucho polvo y/o humos no eliminables por extracción de aire.

3. HUMEDAD	<u>GRADO 1.</u>	(5 PUNTOS). Humedad normal, ambiente climatizado. Por lo general hay humedad relativa del 40% al 55%, con temperatura de 21 a 24°C.
	<u>GRADO 2.</u>	(10 PUNTOS). Ambientes secos. Menos del 30% de humedad relativa.
	<u>GRADO 3.</u>	(15 PUNTOS). Alta humedad. Sensación pegajosa en la piel y ropa humedecida. Humedad relativa del 80%.
	<u>GRADO 4.</u>	(20 PUNTOS). Elevadas condiciones de humedad, tales como trabajo bajo la lluvia o en salas de vapor o frigoríficos, que ameritan el uso de ropa especial
4. NIVEL DE RUIDO	<u>GRADO 1.</u>	(5 PUNTOS). Ruido de 30 a 60 decibeles. Característico en oficinas o en ambientes poco ruidosos.
	<u>GRADO 2.</u>	(10 PUNTOS). a) Ruido por debajo de 30 decibeles. Ambiente demasiado tranquilo. b) Ruido alto entre 60 y 90 decibeles, pero de naturaleza constante.
	<u>GRADO 3.</u>	(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.
	<u>GRADO 4.</u>	(30 PUNTOS). Ruidos de alta frecuencia u otras características molestas, ya sean intermitentes o constantes.
5. ILUMINACIÓN	<u>GRADO 1.</u>	(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 es 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. 2) REPETICIÓN DEL CICLO. 3) ESFUERZO FÍSICO. 4) ESFUERZO MENTAL O VISUAL.

1. DURACIÓN DEL TRABAJO	<u>GRADO 1.</u>	(20 PUNTOS). Operación o suboperación que puede completarse en un minuto o menos.
	<u>GRADO 2.</u>	(40 PUNTOS). Operación o suboperación que puede completarse en 15 minutos o menos
	<u>GRADO 3.</u>	(60 PUNTOS). Operación o suboperación que puede completarse en una hora o menos.
	<u>GRADO 4.</u>	(80 PUNTOS). Operación o suboperación que puede completarse en más de una hora.
2. REPETICIÓN DEL CICLO	<u>GRADO 1.</u>	(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.

	<u>GRADO 2.</u>	(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.
	<u>GRADO 3.</u>	(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.
	<u>GRADO 4.</u>	(80 PUNTOS). a) Operaciones donde la terminación del movimiento o de los patrones previstos es más de 10 por día. b) Operaciones controladas por la máquina con alta monotonía o tedio del operador
3. ESFUERZO FÍSICO	<u>GRADO 1.</u>	(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 el 40% y el 70% 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.
	<u>GRADO 2.</u>	(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.
	<u>GRADO 3.</u>	(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.

**4. ESFUERZO
MENTAL O
VISUAL**

- GRADO 4. (80 PUNTOS). Esfuerzo manual aplicado por encima del 70% del tiempo para pesos superiores a 30 kg.
- 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 periodos de tiempo. d) Actividades de inspección pura donde el objetivo fundamental es el chequeo de la calidad.

C. POSICIÓN DE TRABAJO: PARADO, SENTADO, MOVIÉNDOSE, ALTURA DE TRABAJO.

- GRADO 1. (10 PUNTOS). Realización del trabajo en 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 sienta 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 empinarse; 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 4: Hoja de concesiones

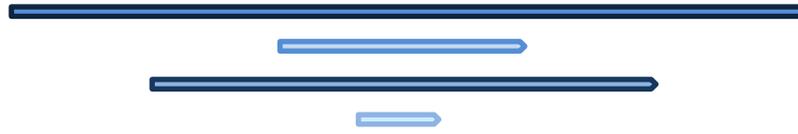
Puntos por grado de factores				
Factores de fatiga	1er.	2do.	3er.	4to.
Condiciones de trabajo:				
1 Temperatura	5 <input type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>	15 <input checked="" type="checkbox"/>	40 <input type="checkbox"/>
2 Condiciones ambientales	5 <input type="checkbox"/>	10 <input checked="" type="checkbox"/>	20 <input type="checkbox"/>	30 <input type="checkbox"/>
3 Humedad	5 <input type="checkbox"/>	10 <input checked="" type="checkbox"/>	15 <input type="checkbox"/>	20 <input type="checkbox"/>
4 Nivel de ruido	5 <input type="checkbox"/>	10 <input checked="" type="checkbox"/>	20 <input type="checkbox"/>	30 <input type="checkbox"/>
5 Iluminación	5 <input checked="" type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>	15 <input type="checkbox"/>	20 <input type="checkbox"/>
Repetitividad y esfuerzo aplicado:				
6 Duración del trabajo	20 <input type="checkbox"/>	40 <input type="checkbox"/>	60 <input checked="" type="checkbox"/>	80 <input type="checkbox"/>
7 Repetición del ciclo	20 <input type="checkbox"/>	40 <input type="checkbox"/>	60 <input checked="" type="checkbox"/>	80 <input type="checkbox"/>
8 Demanda física	20 <input type="checkbox"/>	40 <input checked="" type="checkbox"/>	60 <input type="checkbox"/>	80 <input type="checkbox"/>
9 Demanda mental o visual	10 <input checked="" type="checkbox"/>	20 <input type="checkbox"/>	30 <input type="checkbox"/>	50 <input type="checkbox"/>
Posición de trabajo:				
10 De pie	10 <input type="checkbox"/>	20 <input type="checkbox"/>	30 <input checked="" type="checkbox"/>	40 <input type="checkbox"/>
Total de puntos: 250				
Concesiones por fatiga (minutos): 59				
Otras concesiones (minutos)				
tiempo personal: 15				
demoras inevitables: 90				
Total de concesiones: 105				
Total demoras inevitables: 164 minutos				

Anexo 5: Almacenaje de tapas laterales defectuosas en las áreas adyacentes a los Complejos de Reducción



Anexo 6: Tapa lateral de celda V Línea en condición reparable





Anexo 7: Proceso de reparación de tapas laterales V Línea



Anexo 8: Proceso de fabricación de tapas laterales V Línea

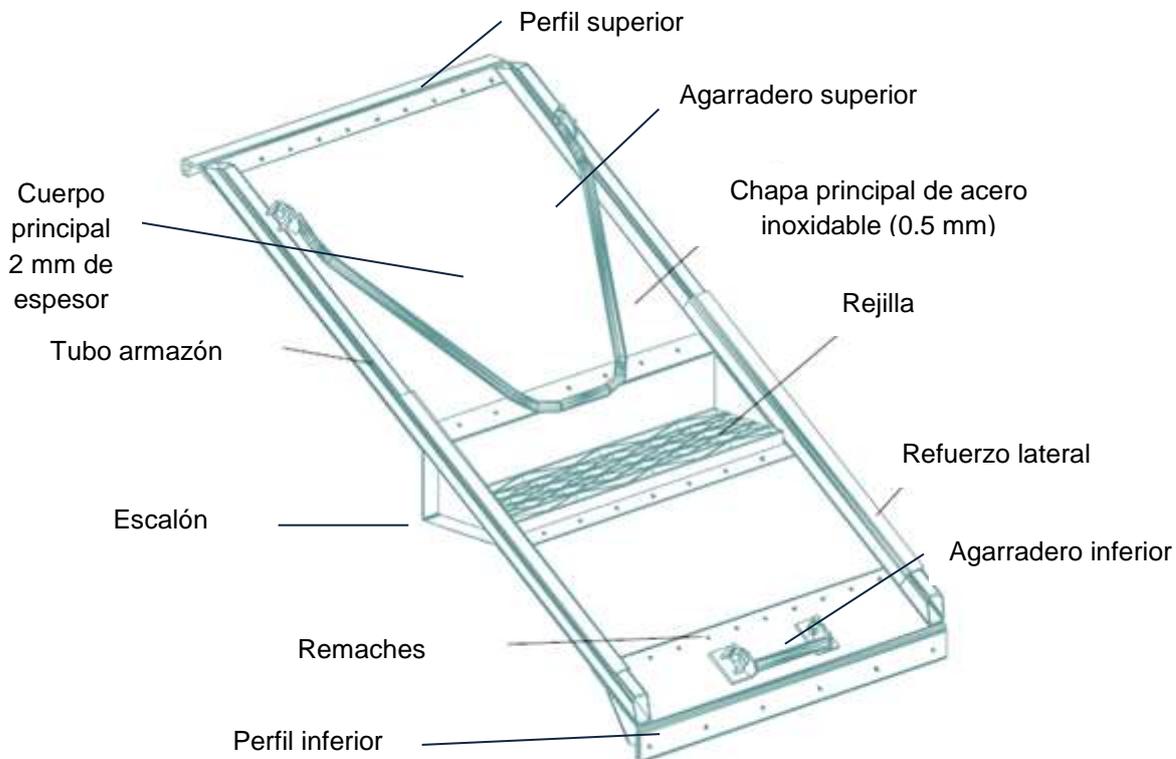




Anexo 9: Componentes de tapa lateral de celda V línea



Anexo 10: Componentes de Tapa lateral de celda P -19



Anexo 12: Despiece tapa lateral de celda P – 19

