



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

DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE LA MÁQUINA FRICTION WELDER EN EL DEPARTAMENTO DE VARILLAS Y REFRACTARIOS DE CVG VENALUM

**TUTOR ACADÉMICO:
MSc. ING. IVÁN TURMERO**

**TUTOR INDUSTRIAL:
ING. ÁNGEL CONTRERAS**

**AUTORA:
CENTENO L, AMIRLYS D.**

CIUDAD GUAYANA, ENERO DE 2016

CONTENIDO



```
graph LR; A[CONTENIDO] --> B[Introducción]; A --> C[La Empresa]; A --> D[El Problema]; A --> E[Diseño Metodológico]; A --> F[Situación Actual]; A --> G[Análisis y Resultados]; A --> H[Conclusiones y Recomendaciones];
```

Introducción

La Empresa

El Problema

Diseño Metodológico

Situación Actual

Análisis y Resultados

**Conclusiones y
Recomendaciones**

Introducción

CVG Venalum, es una empresa productora de aluminio, cuyo objetivo principal es producirlo con calidad, satisfaciendo las necesidades y deseos de los clientes, tanto nacionales como internacionales, buscando posicionarse como líder en el mercado del aluminio, en conformidad con la norma ISO 9001.

El proceso de reducción del aluminio que se lleva a cabo en CVG Venalum, consiste en separar el oxígeno de la alúmina para producir el aluminio en el 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 o un polo positivo hacia un cátodo o polo negativo. El oxígeno se combina con el ánodo y forma gas carbónico el cual se libera, mientras el aluminio se precipita y se deposita en el cátodo en estado líquido.

Introducción

Durante el proceso de producción, el aluminio líquido es vaciado en moldes enfriados por agua, para obtener el producto final, que puede ser aluminio primario en lingotes para refusión o lingotes para extrusión.

La Gerencia de Ingeniería Industrial busca optimizar todos aquellos recursos de la empresa, con la finalidad de aumentar la rentabilidad y los beneficios de la misma; es por esta razón que la Gerencia de Carbón manifestó la necesidad de realizar un estudio que permita determinar el número de varillas anódicas que requiere la empresa para lograr aumentar el inventario de varillas disponibles y lograr garantizar y mantener un adecuado inventario de varillas, ya que, la producción ha disminuido su nivel a través de los años, debido a las demoras existentes por parte del personal, a la distintas fallas que la máquina Friction Welder viene presentando en sus diferentes sistemas (Mecánico, Eléctrico, Hidráulico, etc.) y que además se trata de un equipo con un tiempo de vida útil cumplido.

La Empresa



CVG Venalum se encarga de la producción del aluminio, utilizando como materia prima la alúmina, criolita y aditivos químicos (fluoruro de calcio, litio y magnesio). Este proceso de producir aluminio se realiza en celdas electrolíticas. Dentro del proceso de producción de la planta industrial, existen otras áreas productivas y mecanismos de alimentación que desempeñan un papel fundamental en el funcionamiento de la misma, los cuales son: Planta de Carbón, Planta de Colada, Planta de Reducción e instalaciones auxiliares.

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.



La Empresa

Espacio Físico

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

Área Total	1.455.634,78 M²
Área Techada	233.000 m ² (Edificio Industrial)
Área Construida	14.808 m ² (Edificio Administrativo)
Áreas Verdes	40 Hectáreas
Carreteras	10 Km.

Sector Productivo

CVG Venalum, es una empresa de sector productivo secundario, ya que esta se encarga de transformar alúmina (materia prima) en aluminio, para ser procesado en diversas formas.

La Empresa

Productos Elaborados

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 distribuyen los pedidos por lote. Los productos elaborados son los siguientes:

- Cilindros para extrusión.
- Lingotes de 10 Kg.
- Lingotes de 22 Kg.
- Lingotes de 680 Kg.

Objetivo General

Producir y comercializar aluminio primario y sus derivados en forma rentable. Para cumplir con este propósito CVG Venalum se orienta hacia aquellos productos y mercados que resulten estratégicamente atractivos.

La Empresa

Misión

Producir y comercializar aluminio de forma productiva, rentable y sustentable para generar bienestar y compromiso social en las comunidades, los trabajadores, los accionistas, los clientes y los proveedores para así contribuir a fomentar el desarrollo endógeno de la República Bolivariana de Venezuela.

Proceso Productivo

El proceso de Reducción del Aluminio de CVG Venalum consiste en separar el Oxígeno del Alúmina para producir el Aluminio en el 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 o un polo positivo hacia un cátodo o polo negativo. El oxígeno se combina con el ánodo y forma gas carbónico el cual se libera, mientras el aluminio se precipita y se deposita en el cátodo en estado líquido.

Visión

CVG Venalum será la empresa líder en productividad y calidad en la producción sustentable de aluminio con trabajadores formados y capacitados en un ambiente de bienestar y compromiso social que promuevan la diversificación productiva y la soberanía tecnológica, fomentando el desarrollo endógeno y la economía popular de la República Bolivariana de Venezuela.

La Empresa

Áreas de Producción

CVG VENALUM consta de tres (3) plantas básicas para la obtención de sus distintos productos

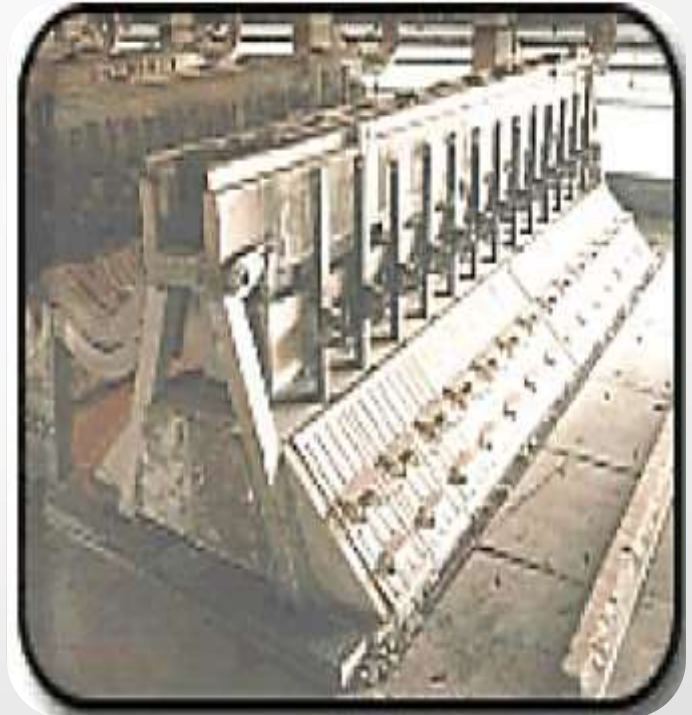


**Planta de
Carbón**

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 choqué 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.

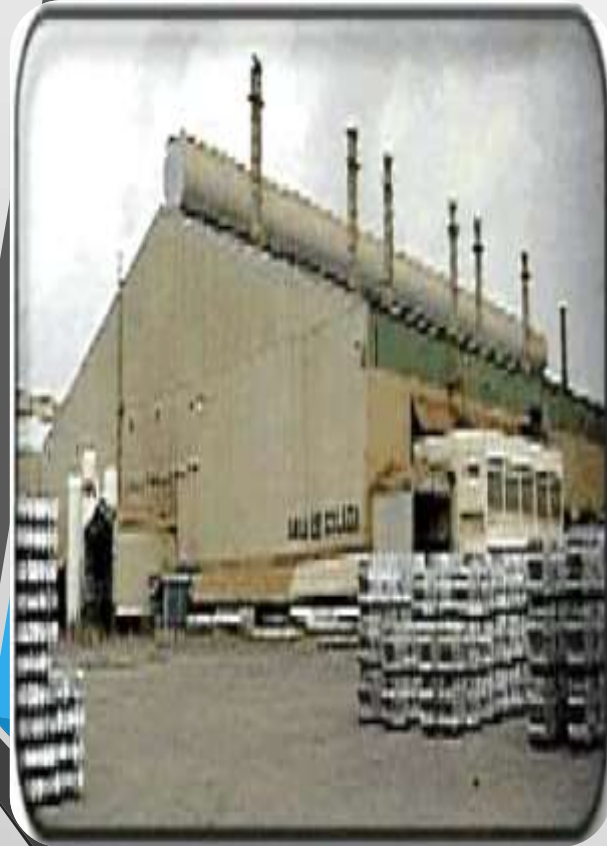
La Empresa

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 HydroAluminiun. Adicionalmente, existen 5 celdas experimentales V-350, un proyecto desarrollado por ingenieros venezolanos al servicio de la empresa. La capacidad nominal de estas plantas es de 430.000 t/año. El funcionamiento de las celdas electrolíticas, así como la regulación y distribución del flujo de corriente eléctrica, son supervisados por un sistema computarizado que ejerce control sobre el voltaje, la rotura de costra, la alimentación de alúmina y el estado general de las celdas.



**Celdas
Electrolíticas**

La Empresa



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 22 kg. con capacidad de 250.000 t/año, lingotes de 680 kg. 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.

El Problema

Planteamiento del problema

Actualmente, la reparación de las varillas anódicas por parte del Departamento de Varillas y Refractarios (cambio de puntas cuya longitud es menor a 180 mm) ha disminuido considerablemente. Las causas que han ocasionado estos retrasos importantes en la producción se presentan a continuación: tiempo de vida útil de la máquina Friction Welder, ausencia de repuestos y por consiguiente la difícil mantenibilidad del equipo, demoras por parte del personal (inicio de turno, comida, fin de turno, concesiones por fatiga, necesidades personales), inoperatividad del montacargas, baja disponibilidad de varillas a incorporar por faltas de puntas para la reparación de las mismas. Para esto se requiere realizar un estudio que permita determinar el número de puntas de varillas anódicas que requiere la empresa para lograr aumentar el inventario de varillas disponibles a incorporar por parte del Taller de Varillas y Refractarios de CVG Venalum.

El Problema

Existen diferentes problemas en reducción por las cuales están llegando las varillas tan deterioradas al Taller. Esto se debe a que ocurren variaciones en los niveles de líquidos de las celdas (baño y metal), que incrementan la probabilidad de contacto entre el baño y las puntas de las varillas. El incremento en la temperatura de operación de las celdas en el orden de 4 a 5 ° C, producto de la implementación de nuevo software de control de alúmina (multi-traking) para mejorar la eficiencia de corriente.

Este incremento en la temperatura impacta en la velocidad de consumo del ánodo y en la tendencia a generar varillas con defecto de colada adherida. Se estima que los niveles de densidad de corriente que pasa por cada una de las puntas es relativamente alta para este tipo de proceso, lo que trae por consecuencia un incremento de temperatura a nivel de las puntas producto del efecto joule, lo que incrementa la probabilidad de generar el defecto de colada adherida.

El Problema

Debido a la baja eficiencia de trabajo de los equipos en funcionamiento que se ha venido presentando, se requiere realizar un estudio completo de las operaciones en la máquina para reducir en lo posible los tiempos de parada de emergencia y mediante la estandarización de las operaciones se obtendrá la capacidad de producción real de los equipos; identificando y evaluando las fallas presentes en el proceso y evaluación del operario, mejorando así las operaciones, ya que, la desincorporación de esta ocasionaría retrasos importantes en la producción, siendo esta la única que realiza este trabajo en la empresa y el mayor porcentaje de los defectos se producen en las puntas (punta fundida, colada, adherida, desgastadas o desiguales), la mayoría de estas tienen que ser cortadas y sustituidas por unas nuevas, de no ocurrir esto disminuiría la producción por faltas de varillas a incorporar a la sala de Envarillado, teniendo que ser reparadas en empresas privadas incrementando los costos de producción del Departamento y delegando el trabajo para el cual fue creado.

El Problema

Asimismo se busca la disminución de rechazos por descentrado de las puntas de yugo y su reproceso. Todo esto con el fin de obtener una producción promedio acorde a lo requerido.

En cuanto a las decisiones de distribución que existe en el Taller de Varillas no son las más adecuadas. Esto está afectando grandemente la eficiencia con que los operarios desempeñen sus tareas, la velocidad a la que se pueden elaborar los productos, la facultad de automatizar el sistema, y la capacidad de respuesta del sistema productivo ante los cambios en el diseño de los productos, en la gama de los productos elaborada o en el volumen de la demanda.

Ante tal situación se generan una serie de interrogantes las cuales se presentan a continuación:

¿Cuántas puntas se pueden sustituir por turno?

¿Cuánto tiempo dura el proceso de reparación de la varillas anódica?

¿Cuántas varillas anódicas son rechazadas por no cumplir con las especificaciones de control de calidad?

¿Cuáles son las fallas recurrentes que presenta la máquina?

El Problema

Objetivos

Objetivo general

Determinar la capacidad de producción de la máquina Friction Welder en el Departamento de Varillas y Refractarios de CVG Venalum.

Objetivos específicos

1. Diagnosticar la situación actual del Departamento de Varillas y Refractarios.
2. Describir las etapas que conforman el proceso productivo del Taller de varillas de CVG Venalum.
3. Analizar los principales factores que afectan la capacidad de procesamiento del sistema de soldadura por fricción.
4. Realizar un estudio de tiempo de los equipos que inciden directamente en la producción en el Taller de Varillas.
5. Estimar los tiempos promedios para la realización de las actividades que se ejecutan en el área de trabajo a través de un estudio de tiempo.
6. Calcular la disponibilidad real de la máquina Friction Welder del Taller de CVG Venalum.
7. Calcular la capacidad de producción de la máquina Friction Welder.

El Problema

Alcance

Con el desarrollo de esta investigación se desea determinar la capacidad de producción de la maquina Friction Welder en el Taller de Varillas. Realizar un estudio que permita mejorar el proceso y cubrir notablemente la demanda de varillas por parte de la Superintendencia de Envarillado de Ánodos.

Delimitación

La determinación de la capacidad de producción en la máquina Friction Welder se realizará en el Taller de Varillas.

El Problema

Justificación e importancia

La realización de este trabajo de investigación permitirá determinar la capacidad de producción real e identificar las principales fallas de los equipos que inciden directamente en la producción del Taller de Varillas, con la finalidad de aumentar la productividad.

Esta investigación se argumenta en la situación actual en que se encuentra funcionando la máquina Friction Welder del Departamento de Varillas y Refractarios, la cual ha disminuido su nivel de producción a través de los años, debido a la distintas fallas que viene presentando en sus diferentes sistemas (Mecánico, Eléctrico, Hidráulico, etc.) y que además se trata de un equipo con un tiempo de vida útil cumplido y que solo brinda la posibilidad de reparación de puntas de yugos menores de 180 mm, limitante que sigue haciendo al Departamento de Varillas y Refractarios (CVG Venalum) dependiente de contrataciones externas a costos elevados para la reparación de varillas con puntas mayores a 180 mm.

El Problema

Limitaciones

Las limitaciones e inconvenientes que se pueden presentar para la realización de esta investigación son:

- Debido a las políticas de seguridad de la empresa, se recogerá la información durante el turno normal (de 7:00 am hasta las 3:00 pm), el cual es el permitido para los pasantes y tesistas.
- Escasa información acerca del control de fallas, tiempos de parada de la maquina Friction Welder.
- La dispersión de la información por las diferentes gerencias de la planta.
- El tiempo otorgado por la empresa para la estadía en planta es de 16 semanas.
- Ausencia de antecedentes de investigación, en relación a los costos reales de mantenimiento y producción de la máquina.

Diseño Metodológico

Tipo de investigación

Investigación descriptiva

Investigación evaluativa

Diseño de investigación

Se realizó como una investigación no experimental, debido a que no se realizara manipulación en forma deliberada en la variable independiente, simplemente se procederá a realizar observaciones de situaciones ya existentes.

Diseño Metodológico

Unidades de análisis

La población y la muestra se encuentra representada por la maquina Friction Welder V-200 la cual está ubicada en el Taller de Varillas, por lo tanto la muestra es coincidente con la población, debido a que se encarga de realizar soldadura por fricción, es decir, por el roce o frotamiento de dos metales, los cuales se calientan hasta que se derriten, logrando la unión o fusión de ellos a través de una presión que se ejerce entre el yugo y la punta. Este equipo tiene una capacidad instalada de reparar 300 puntas por semanas.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Entrevista no estructurada

Paquetes computarizados

Observación directa

Análisis de contenido

Registro

Tales como:

Microsoft Excel
Power Point y
Microsoft
Word

Diseño Metodológico

Materiales y equipos

Equipos utilizados

- Equipos de protección personal.
- Botas de seguridad
- Pantalón (Jeans)
- Camisa (manga larga)

Recurso humano

- Personal bibliotecario
- Jefe y empleado del Departamento y Taller de Varillas y Refractarios
- Tutor Industrial
- Tutor Académico

Materiales

- Informes técnico
- Calculadora
- Lápices y bolígrafos
- Reportes
- Computador e impresora

Diseño Metodológico

Procedimiento metodológico

1. Entrevistas al personal que labora en el Departamento de Varillas y Refractarios y el Departamento de Envarillado con el fin de recopilar la información necesaria.
2. Identificación de la situación actual del Departamento y la máquina a estudiar. Para ello se elaborará un diagrama de Ishikawa para determinar así las causas principales que afectan la capacidad de procesamiento de la máquina Friction Welder.
3. Elaboración de gráficos para el análisis de la capacidad de producción de la máquina Friction Welder.
4. Análisis y tabulación de los datos necesarios, con el uso del diagrama de pareto para realizar el estudio del índice y tipos de fallas, frecuencia en los sistemas y subsistemas, y el motivo de ellas.
5. Realización del estudio de tiempo para determinar el número de puntas de varillas anódicas que requiere la empresa para aumentar el inventario.
6. Comparación de los resultados obtenidos con la situación actual, con la finalidad de proponer mejoras al proceso.
7. Validación de los resultados obtenidos con en el personal de CVG Venalum.

Situación Actual

El Departamento de Varillas y Refractarios, tiene como función entre otras la reparación y acondicionamiento de las varillas anódicas defectuosas provenientes del Departamento de Envarillado de Ánodos; para llevar a cabo esta labor cuenta con una serie de operaciones dentro de las cuales podemos destacar: soldadura de bimetálico, relleno de barras erosionadas, enderezado de barras, desprendimiento de la colada adherida, reparación de refractarios y soldadura automatizada de puntas de yugo por fricción (Friction Welder).

Para llevar a cabo el acondicionamiento de las varillas con defectos; el Departamento de Varillas y Refractarios cuenta dentro de sus instalaciones con nueve estaciones de trabajo y dos patios de selección-ordenamiento de varillas. El plano que se presenta, sintetiza la distribución de planta actual del Departamento, en el mismo se puede apreciar la ubicación de cada una de estas estaciones de trabajo.

Situación Actual

Dentro de los propósitos del Departamento de Varillas y Refractarios está asegurar la calidad, cantidad y oportunidad de varillas ensambladas, recuperadas y reparadas.

Es así como a través de este conjunto de operaciones el Departamento de Varillas y Refractarios asegura la disponibilidad y acondicionamiento de las varillas anódicas utilizadas en el proceso de envarillado de ánodos, garantizando la continuidad en el ensamblaje de ánodos envarillados, componente esencial en el proceso de reducción de aluminio.

A finales del año 2009 CVG Venalum disminuye sus niveles de producción al sacar de operación aproximadamente el 45% de las celdas operativas a causa de la problemática energética por la que atravesaba el país. Durante el año 2011 se presentaron retrasos en la recepción de estos materiales debido a la situación financiera que atravesaba la empresa, así como por paralizaciones laborales que impactaron en la condición operativa del proceso de obtención de aluminio.

Situación Actual

Por tal motivo se elaboraron estrategias para mantener las celdas operativas y una de ellas fue subir la permanencia de los ánodos cocidos en las celdas a 28 días en P-19 y a 25 días en V línea, acción que se realizó en el mes de octubre 2011. En diciembre se acentuaron los problemas con el suministro de coque principalmente y se evaluó la posibilidad de sacar más celdas fuera de servicio buscando igualar la disponibilidad de ánodos con los requerimientos de celdas (para el cierre de este mes se tenían 536 celdas conectadas).

Para enero 2012 la permanencia del ánodo en las celdas estaba en 28 días, y se mantuvo entre 25 y 27 días hasta marzo (para el 5/3/2012 se tenían 514 celdas conectadas con tendencia a seguir la desincorporación). Luego en la segunda semana de marzo se inicia un paro laboral, que duró aproximadamente 52 días, lo que trajo como consecuencia que los atrasos aumentaran y el ánodo se disparara a 37 días hacia la primera semana de abril por lo que en la segunda semana de abril se empiezan a sacar las celdas (en 15 días se sacaron 237 celdas, mientras que en marzo se sacaron 57 celdas para un total de 294 celdas desconectadas). Para finales de abril se baja a 23 días su duración y luego a mediados de mayo se baja a 20 días y se mantiene hasta octubre 2012 cuando vuelve a 22 días.

Situación Actual

Los altos tiempos de permanencia de los cabos en las celdas trajo como consecuencia un incremento masivo de puntas dañadas por ataque de baño y puntas fundidas, que hasta la fecha no han podido recuperarse. La no disponibilidad de ánodos para garantizar la operación de cambio de ánodos en celdas genera incremento en el daño de la varilla anódica, mayor generación de carboncillo, lo cual contribuye al desbalance térmico, disminución de la pureza del metal así como alto riesgo de desincorporación masiva de celdas.

Para el año 2013, 2014 y 2015 hubo un promedio del 29,18% de ausentismo laboral debido a la falta de transporte. Esto trajo como consecuencia que los atrasos aumentaran y la duración del ánodo cocido en celdas se disparara. El resultado de estas irregularidades afectó directamente al Departamento de Varillas al no estar preparado para tal situación en la cual se incrementó la cantidad de varillas defectuosas a reparar.

Situación Actual

MANO DE OBRA

La mano de obra requerida en un turno de trabajo para la reparación de varillas con puntas defectuosas que requieran ser sustituidas, se define mediante tres operaciones fundamentales

ÁREA	CARGO	TURNO I	TURNO II	TURNO III	TOTAL
TALLER VARILLAS	Operador de Yugos	3	2	3	8
	Soldador	2	2	2	6
	Operador de Equipo Móvil	2	2	2	6
	Total Mano de Obra	7	6	7	20

INSUMOS Y EQUIPOS

Materia prima (Soldadura por fricción)

Para realizar la reparación de las varillas anódicas que tengan defectos en las puntas y en la cual sea necesario sustituir algunas de estas, se utilizan puntas de yugo cuyo material es acero ASTM-A105.



Situación Actual

Materiales y Equipos

Estación de Trabajo	Insumos	Equipos
Corte de Puntas	Gas acetileno. Gas oxígeno.	Montacargas. Grúa Puente. Soplete. Manómetro de Acetileno. Manómetro de Oxígeno
Soldadura de Puntas	Puntas de Acero 140x180 mm	Máquina Friction Welder. Montacargas.
Corte de Rebaba	Gas acetileno. Gas oxígeno.	Montacargas. Soplete. Manómetro de Acetileno. Manómetro de Oxígeno.

PROCESO REPARACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO VARILLAS ANÓDICAS

Para realizar el proceso de corte de puntas, primordialmente se deben trasladar las varillas anódicas en lotes de siete unidades desde el patio de almacenaje externo, luego se deben colocar las varillas en la mesa de corte de puntas dañadas, se limpia el área de corte de la varilla con el cepillo de alambre, después el operador enciende el soplete y lo acerca a la punta seleccionada en el yugo y la precalienta, para posteriormente realizar el corte de puntas, y por último detiene el equipo de oxicorte y desmonta la varilla con puntas cortadas de la mesa de corte.

**Corte de
Punta**

Situación Actual

Soldadura por fricción

Utiliza el método de soldadura por fricción, que aprovecha el calor generado por la fricción mecánica entre la punta que está en movimiento y el yugo que está fijo. El principio de funcionamiento consiste en que la punta en revolución gira en un movimiento de rotación fijo o variable alrededor de su eje longitudinal y se asienta sobre la otra pieza (Yugo).

Corte de Rebaba

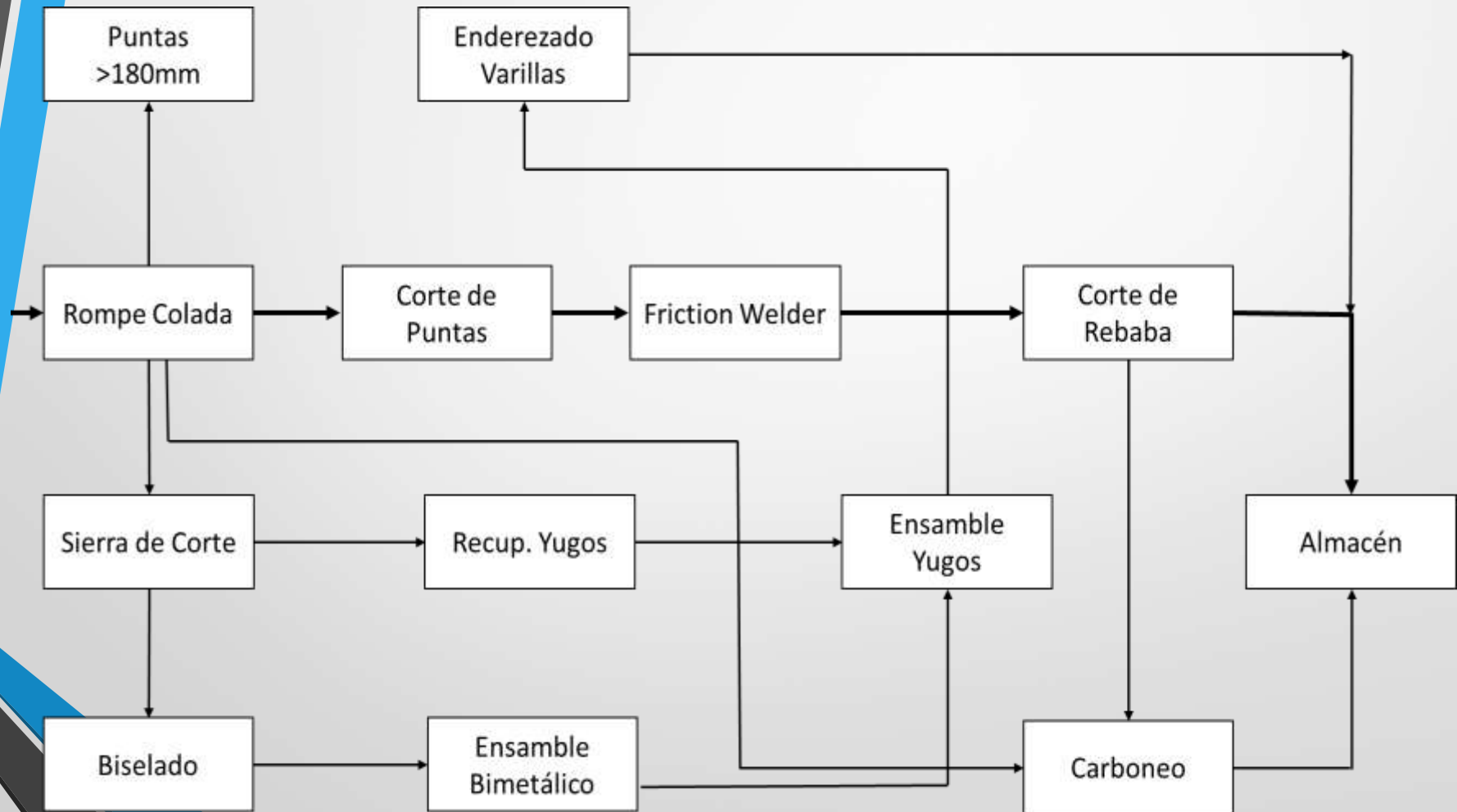
Este proceso consiste en retirar el sobresaliente irregular formado en la superficie de la junta soldada. Esta operación era realizada por la máquina Friction Welder pero fue retirada del ciclo automático de soldadura, según opinión del mecánico y los supervisores del área debido a problemas generados en las cuchillas como en los yugos

CLASIFICACIÓN DE DEFECTOS EN LAS PUNTAS

Defectos	Lugar de Reparación
Puntas con Colada Adherida > 10 mm	Reparadas en el Taller interno (Departamento de Varillas y Refractarios)
Puntas Fundidas	
Puntas con Efecto de Baño	Reparadas en el Taller Externo (TEFELCA)
Puntas Desprendidas	

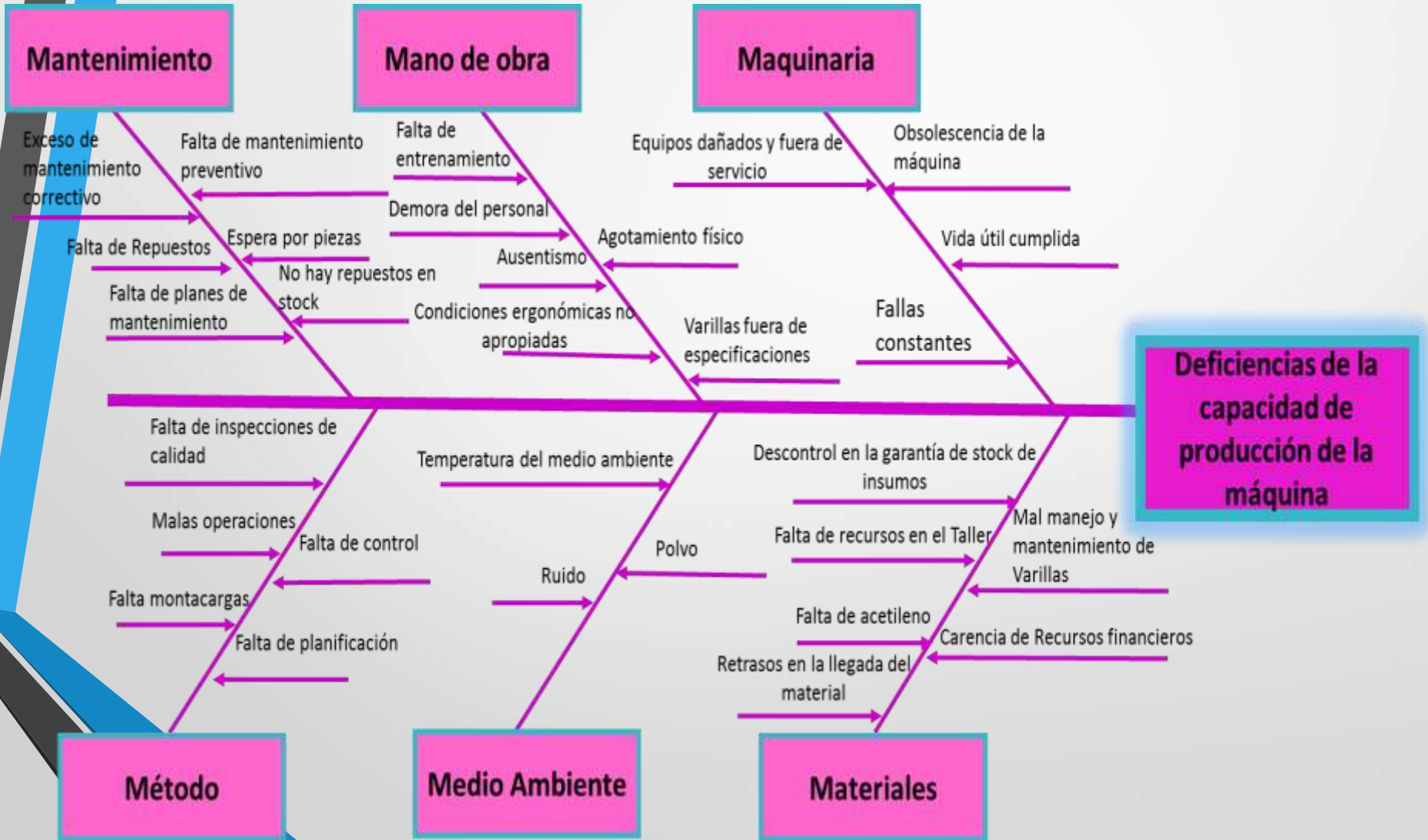
Análisis y Resultados

DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS DEL PROCESO PRODUCTIVO DEL TALLER DE VARILLAS DE CVG VENALUM



Análisis y Resultados

DEFICIENCIA DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE LA MÁQUINA DE VARILLAS Y REFRACTARIOS FRICTION WELDER.



Análisis y Resultados

Una vez realizado el análisis causa-efecto, haciendo uso del diagrama Ishikawa, se pudo notar unas de las causas raíces de los problemas.

1. Falta de planes de mantenimiento
2. Varillas fuera de especificaciones
3. Falta de entrenamiento
4. Poca inversión financiera
5. Falta de repuestos
6. Baja disponibilidad de equipos móviles.

Ponderación de causas raíces

Una vez establecidas las causas raíces de los problemas, se procede a hacer la ponderación de las mismas, con los trabajadores de los Departamentos, tanto jefes, supervisores y asistentes técnicos, para de esta manera determinar y conocer el orden en que deben de ser atacadas.

Causa	Ponderación
Falta de planes de mantenimiento	90
Varillas fuera de especificaciones	70
Falta de entrenamiento	50
Poca inversión financiera	90
Falta de repuestos	100
Baja disponibilidad de equipos móviles	100

Análisis y Resultados

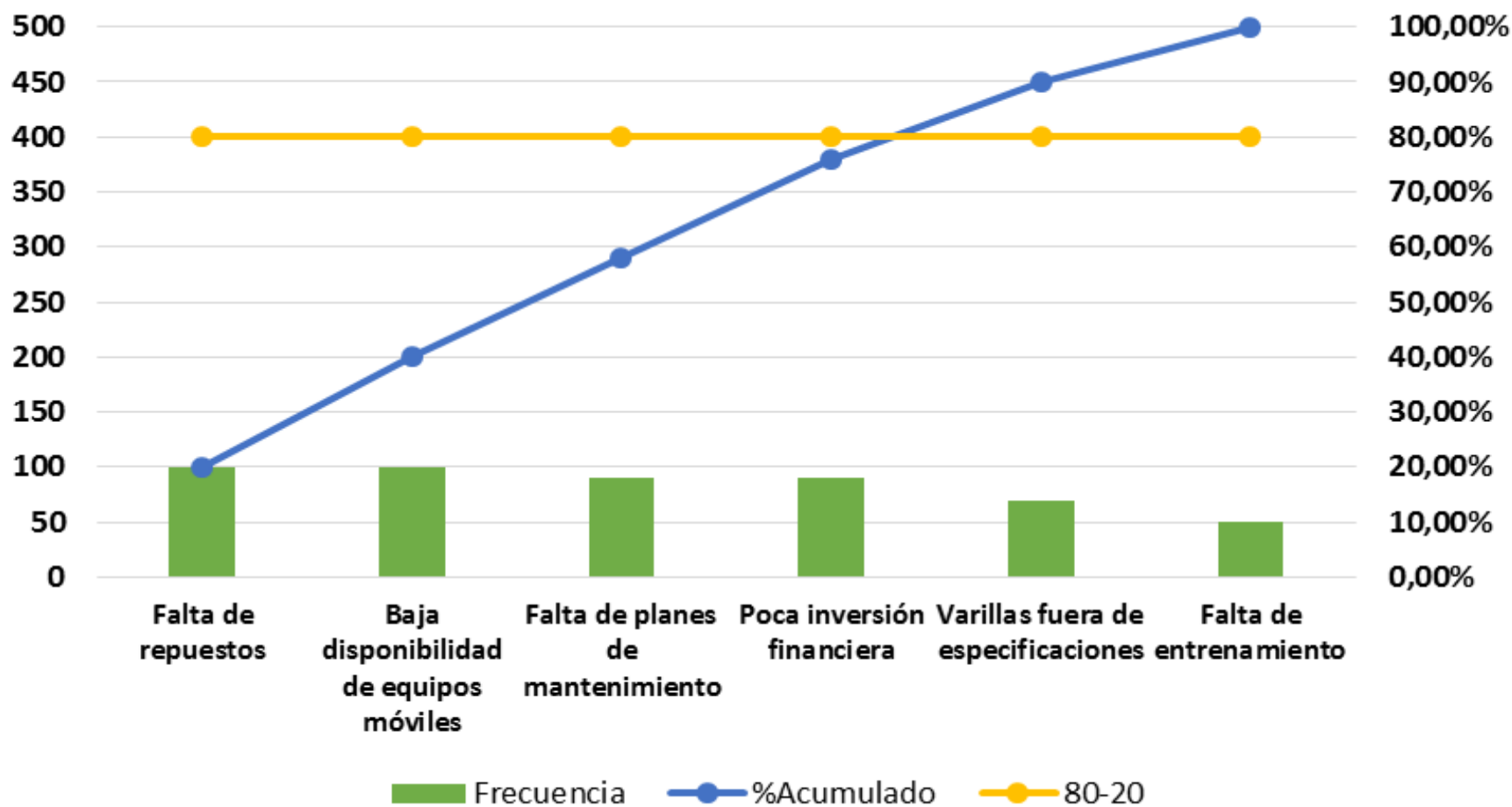
Diagrama de Pareto

Después de ponderar las causas se deben priorizar de acuerdo al puntaje:

Causa	Ponderación	% Acumulado		80-20
Falta de repuestos	100	20,00%	100	80,00%
Baja disponibilidad de equipos móviles	100	40,00%	200	80,00%
Falta de planes de mantenimiento	90	58,00%	290	80,00%
Poca inversión financiera	90	76,00%	380	80,00%
Varillas fuera de especificaciones	70	90,00%	450	80,00%
Falta de entrenamiento	50	100,00%	500	80,00%

Análisis y Resultados

Después de haber ordenado las causas que intervienen en los problemas, se procede al diagrama de Pareto, para observar de manera más clara la ponderación



Análisis y Resultados

Situación actual de los equipos que inciden directamente en el Taller de Varillas

Actualmente en el Departamento de Varillas y Refractarios existen fallas en los equipos, debido a la falta de repuestos y mantenimientos, lo que retrasa el proceso de recuperación de las varillas. Estos equipos presentan deficiencia como consecuencia a que la mayoría ha cumplido su vida útil.

Área	Equipos	Total Equipos	Condición Equipos	
			Operativos	No Operativos
VARILLAS Y REFRACTARIOS	Enderezadora de Varilla	1	1	0
	Oxicorte	2	2	0
	Friction Welder	1	1	0
	Sierra de corte numérico	1	0	1
	Sierra de corte Vertical	1	1	0
	Grúas de 5 Ton	2	2	0
	Grúas de 1 Ton	2	1	1
	Máquinas de Soldar	8	3	5
	Montacargas	2	1	1
	Rompe Colada	1	1	0
	TOTAL	21	13	8

Análisis y Resultados

Disponibilidad de la Máquina Friction Welder

Actualmente, en el Taller de Varillas la Máquina Friction Welder no se encuentra a disposición el 25 % de su uso, debido a fallas en su operatividad, o a reparaciones y mantenimientos necesarios por realizar, lo que genera demoras e impiden la posibilidad de realizar una determinada operación

A continuación se presentan las fórmulas para calcular el porcentaje de disponibilidad y fallas de la máquina:

$$\%Disponibilidad = \frac{\text{Tiempo Efectivo}}{8\text{hr/turno}} \times 100$$

$$\% Fallas = \frac{\text{Tiempo Parada}}{8 \text{ Hr/Turno}} \times 100$$

Tiempo Total: 13 días* 8h/día= 104 horas

% Disponibilidad: 74,74%

% Fallas: 25,26%

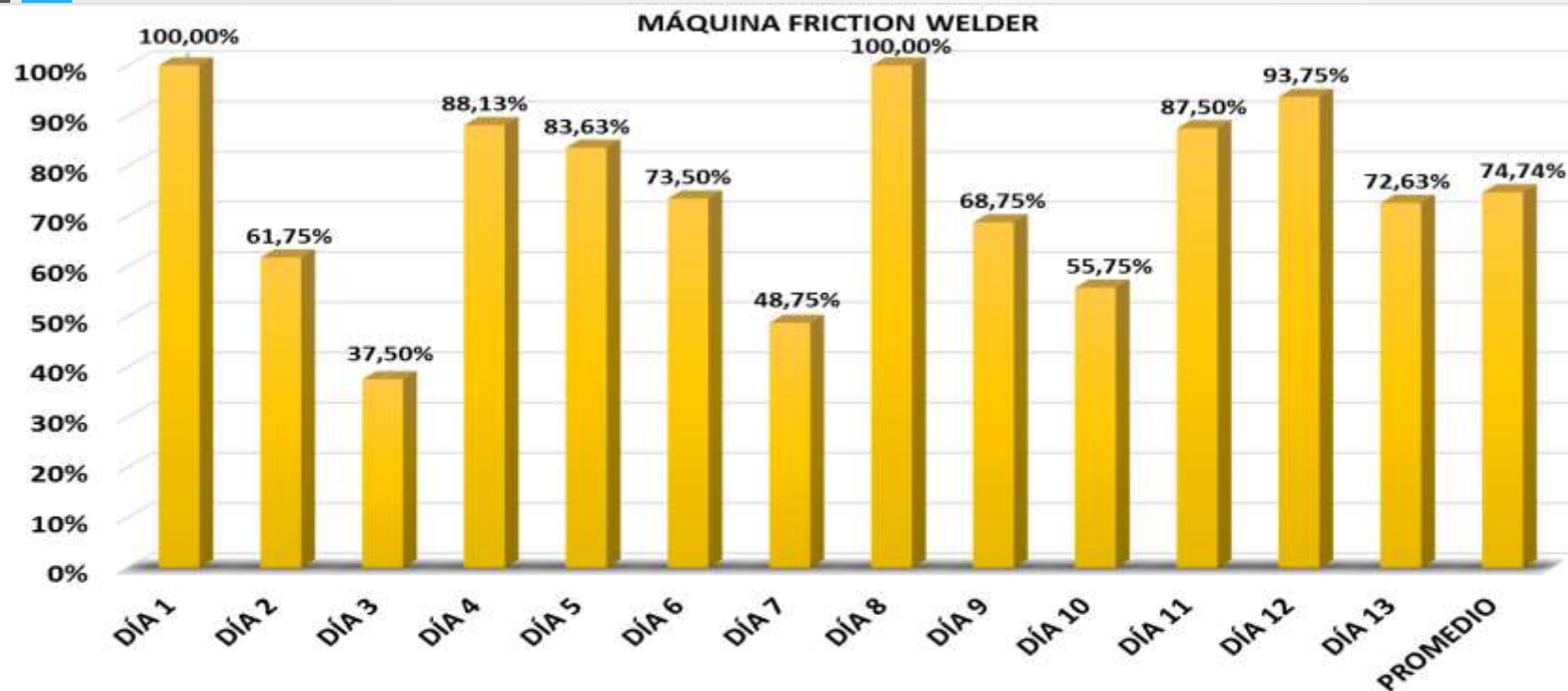
Análisis y Resultados

Descripción del equipo	Falla		Fecha	Tiempo Parada (h)	Tiempo Efectivo(h)	Tiempo Turno(h)	Disponibilidad (%)
MÁQUINA FRICTION WELDER	MECÁNICA	Máquina en funcionamiento	10-11-2015	0,00	8,00	8,00	100,00%
		Tornillos partidos del mandril sujetos de puntas	11-11-2015	3,06	4,94	8,00	61,75%
		Desmontaje de cilindro del Nº2 por fuga de aceite hidráulico, sello tapa frontal	12-11-2015	5,00	3,00	8,00	37,50%
		Descarrilamiento de la cadena del transportador de puntas	13-11-2015	0,95	7,05	8,00	88,12%
		Cambio de pastillas de frenos por presentar desgastes	16-11-2015	1,31	6,69	8,00	83,62%
		Descarrilamiento del Polipasto Transportador de Varillas	18-11-2015	2,12	5,88	8,00	73,50%
		Desmontaje y montaje de bomba de pistón axial de caudal variable	19-11-2015	4,10	3,90	8,00	48,75%
		Máquina en funcionamiento	20-11-2015	0,00	8,00	8,00	100,00%
		Fuga de aceite hidráulico por el sello del pistón de freno del mandril	23-11-2015	2,50	5,50	8,00	68,75%
		Garras deterioradas. Instalación de garras nuevas (3 garras)	24-11-2015	3,54	4,46	8,00	55,75%
		Ajuste y Calibración del sistema de freno del disco del mandril	25-11-2015	1,00	7,00	8,00	87,50%
	ELÉCTRICA	Sensor eléctrico (cable partido)	27-11-2015	0,50	7,50	8,00	93,75%
		Cambio del motor eléctrico de la bomba hidráulica principal	30-11-2015	2,19	5,81	8,00	72,62%
		PROMEDIO					74,74%

Análisis y Resultados

Descripción del equipo	Falla		Fecha	Tiempo Parada (h)	Tiempo Efectivo (h)	Tiempo Turno (h)	Fallas (%)
MÁQUINA FRICTION WELDER	MECÁNICA	Máquina en funcionamiento	10-11-2015	0,00	8,00	8,00	0,00%
		Tornillos partidos del mandril sujetos de puntas	11-11-2015	3,06	4,94	8,00	38,25%
		Desmontaje de cilindro del Nº2 por fuga de aceite hidráulico, sello tapa frontal	12-11-2015	5,00	3,00	8,00	62,50%
		Descarrilamiento de la cadena del transportador de puntas	13-11-2015	0,95	7,05	8,00	11,88%
		Cambio de pastillas de frenos por presentar desgastes	16-11-2015	1,31	6,69	8,00	16,38%
		Descarrilamiento del Polipasto Transportador de Varillas	18-11-2015	2,12	5,88	8,00	26,50%
		Desmontaje y montaje de bomba de pistón axial de caudal variable	19-11-2015	4,10	3,90	8,00	51,25%
		Máquina en funcionamiento	20-11-2015	0,00	8,00	8,00	0,00%
		Fuga de aceite hidráulico por el sello del pistón de freno del mandril	23-11-2015	2,50	5,50	8,00	31,25%
		Garras deterioradas. Instalación de garras nuevas (3 garras)	24-11-2015	3,54	4,46	8,00	44,25%
		Ajuste y Calibración del sistema de freno del disco del mandril	25-11-2015	1,00	7,00	8,00	12,50%
	ELÉCTRICA	Sensor eléctrico (cable partido)	27-11-2015	0,50	7,50	8,00	6,25%
		Cambio del motor eléctrico de la bomba hidráulica principal	30-11-2015	2,19	5,81	8,00	27,38%
		PROMEDIO					25,26%

Análisis y Resultados



Análisis y Resultados

Estandarización de las operaciones de la máquina Friction Welder

Para cálculos de tiempo estándar de operación del proceso de soldadura por fricción se tomaron todos aquellos factores que influyen sobre el tiempo total de turno de trabajo que se considera tiempo inactivo. Dentro de estos factores se pueden mencionar: tiempo de almuerzo, inicio y culminación de turno.

Cálculo de tiempo efectivo de trabajo

$$TET = TTT - DI$$

$$1 \text{ Turno} = 8\text{hr} \times \frac{60\text{min}}{1\text{hr}} = 480\text{min}$$

$$\text{Jornada de Trabajo (JT)} = 480\text{min.}$$

Consideraciones	Tiempo (minutos)	% Porcentaje
Inicio de Turno	15	3,13%
Fin de Turno	10	2,08%
Necesidades Personales	15	3,13%
Almuerzo	60	12,50%
Concesiones por Fatiga	70	14,58%
TOTAL	170	35,42%

Considerando que la jornada de trabajo equivale a 480 min/turno lo cual equivale a 8 horas, de las mismas se dedujeron el tiempo de almuerzo, necesidades personales, organización antes y después de la jornada de trabajo.

$$TET = JT - (\text{Almuerzo} + \text{Inicio de Turno} + \text{Fin de Turno} + \text{Necesidades Personales} + \text{Concesiones por Fatiga})$$

$$JT = 480\text{min} - (60 + 15 + 10 + 15 + 70)$$

$$JT = 310\text{min}$$

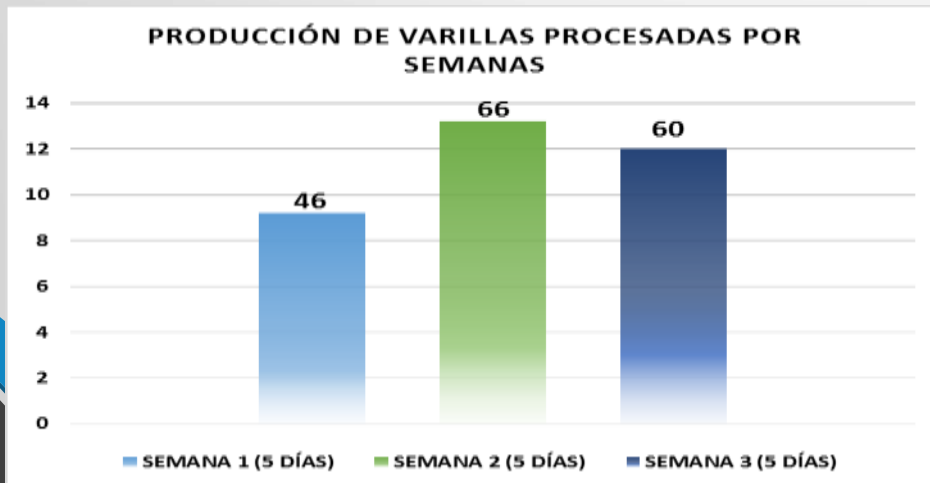
Análisis y Resultados

A continuación se presentan los tiempos obtenidos durante el presente estudio

Número de Puntas a soldar	Tiempo (minutos)	Promedio por punta
Para 1 punta	4,02	3,457
Para 2 puntas	6,29	
Para 3 puntas	10,43	

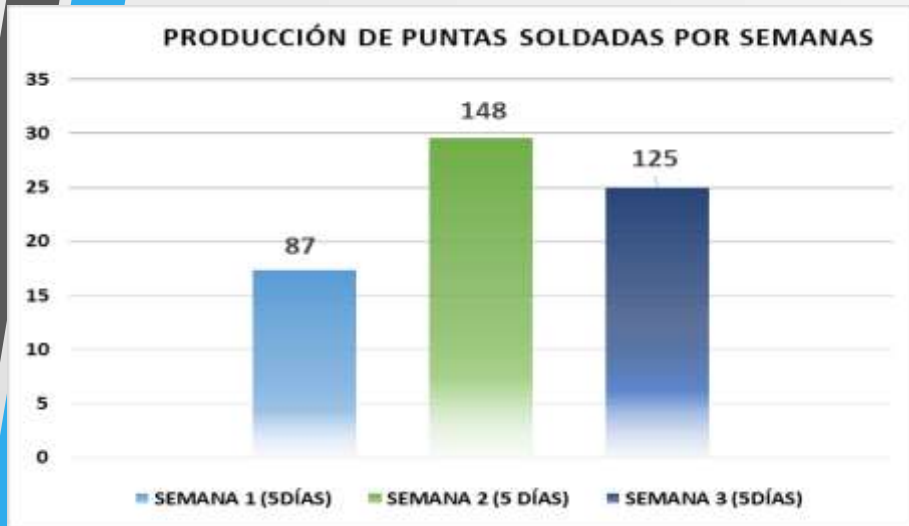
La Máquina Friction Welder presenta un tiempo de soldadura de 3,457 min/punta.

CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE LA MÁQUINA FRICTION WELDER



La cantidad de varillas procesadas en la semana 1 fue de 46 varillas/semana, en la segunda de 66 varillas/semana y en la tercera 60 varillas/semana.

Análisis y Resultados



La cantidad de puntas soldadas en la semana 1 fue de 87 puntas/semana, en la segunda 148 puntas/semana y en la tercera 125 puntas/semana. Durante este seguimiento hubo 18 paradas, 6 por falla y otra por motivos de mantenimiento

En la siguiente tabla se muestra la ejecución real por semana y la meta establecida por el Departamento, para la recuperación y mantenimiento de las Varillas Anódicas.

	META	REAL	% CUMP.
PRODUCCIÓN TOTAL/semana	800	685	85,63
SUMISTRADAS Envarillado	567	692	122,05
Reparadas vía FRICTION WELDER	300	310	103,33
Reparadas vía ROMPE COLADAS/Carboneo	500	375	75

Análisis y Resultados

A continuación se presenta la capacidad de producción de la Máquina Friction Welder

- Reparación de varillas con 1 punta dañada.

$$CP = \frac{1 \text{ punta}}{TE} \times \frac{60 \text{ min}}{\text{Hora}} \longrightarrow CP = \frac{1 \text{ punta}}{4,02 \text{ min}} \times \frac{60 \text{ min}}{\text{Hora}} \longrightarrow CP = \frac{15 \text{ puntas}}{\text{Hora}} \times \frac{5,17 \text{ horas}}{1 \text{ turno}} \longrightarrow CP = 77,55 \frac{\text{puntas}}{\text{turno}}$$

- Reparación de varillas con dos puntas dañadas.

$$CP = \frac{2 \text{ puntas}}{TE} \times \frac{60 \text{ min}}{\text{Hora}} \longrightarrow CP = \frac{2 \text{ puntas}}{6,29 \text{ min}} \times \frac{60 \text{ min}}{\text{Hora}} \longrightarrow CP = \frac{19 \text{ puntas}}{\text{Hora}} \times \frac{5,17 \text{ horas}}{1 \text{ turno}} \longrightarrow CP = 98,23 \frac{\text{puntas}}{\text{turno}}$$

- Reparación de varillas con 3 puntas dañadas.

$$CP = \frac{3 \text{ puntas}}{TE} \times \frac{60 \text{ min}}{\text{Hora}} \longrightarrow CP = \frac{3 \text{ puntas}}{10,43 \text{ min}} \times \frac{60 \text{ min}}{\text{Hora}} \longrightarrow CP = \frac{17 \text{ puntas}}{\text{Hora}} \times \frac{5,17 \text{ horas}}{1 \text{ turno}} \longrightarrow CP = 87,89 \frac{\text{puntas}}{\text{turno}}$$

Análisis y Resultados

Capacidad real de la Máquina Friction Welder

$$CP = \frac{1 \text{ punta}}{3,457 \text{ min}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hr}} = 17,36 \text{ puntas/hora}$$

$$CP_{real} = 17,36 \frac{\text{puntas}}{\text{hora}} \times 5,17 \frac{\text{horas}}{\text{turno}} \times 0,7474$$

$$CP_{real} = 67,08 \frac{\text{puntas}}{\text{turno}}$$

Capacidad máxima de la Máquina Friction Welder

$$CP_{max} = 17,36 \frac{\text{puntas}}{\text{hora}} \times 8 \frac{\text{horas}}{\text{turno}} \times 0,7474$$

$$CP_{max} = 103,80 \frac{\text{puntas}}{\text{turno}}$$

Conclusiones

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

1. El Departamento de Varillas y Refractarios como unidad usuaria de la máquina Friction Welder presenta una gran debilidad al no llevar un control en el registro de las fallas del equipo a nivel del sistema SIMA. No cuenta con el stock necesario para cubrir la demanda de Envarillado. Actualmente, el Departamento trabaja con un Standard de 21 varillas por turno aproximadamente lo cual no es suficiente.
2. La máquina Friction Welder no cuenta con un mantenimiento programado adecuado, esto debido al no contar oportunamente con las partes y repuestos necesarios para su intervención, situación que ha generado paradas imprevistas del equipo a causa de fallas no corregidas a tiempo.
3. Las fallas que tienen mayor porcentaje de incidencia en la máquina Friction Welder y que afectan la producción de varillas disponibles a incorporar son las mecánicas y eléctricas.
4. La producción del Taller de Varillas se ha visto afectada por la desincorporación de las celdas de reducción electrolítica que se ha venido realizando desde finales del 2009 hasta la actualidad, durante el año 2015 en el Taller se determinó un promedio de 3103 varillas procesadas.

Conclusiones

5. La adquisición de las partes y repuestos de la máquina Friction Welder tarda meses en hacerse tangible debido a que la mayoría de estos son solicitados al exterior; al del fabricante del equipo.
6. No existe una señalización y demarcación adecuada de las diferentes áreas del Taller, lo cual dificulta la realización de las actividades de los mecánicos, soldadores y demás personal de producción.
7. Las paradas imprevista de la máquina a causa de sus fallas, generan el no poder contar con los volúmenes necesarios de varillas disponibles por parte del Departamento; situación que pone en riesgo las condiciones normales de operación a nivel general de planta y que ha generado a través de los años el tener que contratar servicios foráneos para la reparación no solo de puntas con defectos > 180 mm sino también puntas < 180 mm.
8. El Taller de Varillas actualmente no cuenta con un buen manejo de materiales, esto es uno de los principales problemas que está ocasionando retrasos importantes en la producción de la reparación de las varillas anódicas. Durante el año 2015, se registró en promedio un total de 3103 varillas reparadas, dentro los que están: varillas carboneo 1743, varillas Friction Welder 924, varillas puntas > 180 mm 35,42 y varillas ensambladas 19,83.

Conclusiones

9. En el Taller de Varillas, los equipos móviles (montacargas) no se encuentran disponibles la mayor parte del tiempo, debido a fallas y reparaciones necesarias por realizar, lo que conlleva a retrasos en su producción. Es necesario que se cumplan todos los mantenimientos preventivos pautados, para de esta manera prever futuros inconvenientes y evitar paradas a largo tiempo.
10. En el área, el principal problema que genera ausentismo laboral, es la falla y falta de unidades de transporte, paros laborales.
11. La disponibilidad de la máquina arrojó en promedio un total de 74,74%, siendo increíble que un equipo bajo estas condiciones tenga un alto porcentaje en su disponibilidad.
12. La capacidad de producción real de la máquina Friction Welder actualmente es de 67,08 puntas/turno.
13. La capacidad de producción máxima de la Máquina Friction Welder es de 103,80 puntas/turno.

Recomendaciones

De acuerdo a los resultados alcanzados con la investigación es conveniente recomendar:

1. Mejorar el actual programa de mantenimiento de la máquina Friction Welder, que permita una mayor disponibilidad de la misma.
2. Realizar un plan de mejora continua a nivel del Departamento de Varillas Refractarios y la Gerencia de Carbón, que permita eliminar las debilidades que estos presentan como unidad usuaria de la máquina Friction Welder.
3. Cumplir el plan de mantenimiento tanto rutinario y como preventivo para ejecutarlo diariamente y no un día como se aplica actualmente con el objeto de alargar la vida útil de la maquina actual.
4. Solicitar al Departamento de Envarillado realice un reporte acerca del requerimiento real de varillas por turno.
5. Cargar todas las actividades realizadas a la máquina de todo tipo de mantenimiento que se le efectúe, bien sea de tipo preventivo, rutinario o correctivo junto con sus respectivos costos (mano de obra, repuestos, materiales) para disponer de esta información cuando se solicite.

Recomendaciones

6. Delimitar cada una de las áreas de trabajo teniendo en cuenta cada uno de los procesos que se desarrollan dentro del Taller.
7. Efectuar la demarcación de las diferentes áreas del Taller.
8. Aplicar periódicamente un estudio de tiempo, de manera que le permita a la empresa tener un control de los tiempos de operación de los equipos, para así tomar las prevenciones necesarias con el fin de mantener una buena productividad, y a su vez garantizarle al operario condiciones óptimas en el ambiente laboral.
9. Practicar una evaluación a los planes de mantenimiento realizados a los equipos para determinar si se están aplicando correctamente o si es necesario cambiar la metodología usada para realizar el mantenimiento.
10. Implementar el uso de formatos tales como: historial de los equipos y reporte de inspecciones con el propósito de llevar un control de los mismos, y de esta forma estimar cuando se debe hacer el mantenimiento, con el fin de realizar las acciones correctivas antes que el equipo falle.