

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**“RECUPERACIÓN DE ELEMENTOS SOMETIDOS A
DESGASTE EN MAQUINARIA PESADA POR MEDIO DE
SOLDADURA”**

**INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECANICO**

ROQUE FERNANDO BARRON GUARDIA

PROMOCION 1982-I

LIMA-PERU

2003

TABLA DE CONTENIDO

	Nº Pag.
PROLOGO	1
CAPITULO 1 INTRODUCCIÓN	2
CAPITULO 2 ANTECEDENTES OBJETIVOS Y ALCANCE	4
2.1 Antecedentes	4
2.2 Objetivo	5
2.3 Alcance	5
CAPITULO 3 DESGASTE Y PROCESOS DE RECUBRIMIENTOS EN SUPERFICIES POR MEDIO DE SOLDADURA	7
3.1 Tipos de desgaste	8
3.2 Formas de abrasión	10
3.3 Procesos para la aplicación de recubrimientos duros	12
3.3.1 Proceso Oxiacetilénico.	14
3.3.2 Proceso Arco Eléctrico (SMAW).	15
3.3.3 Proceso MIG-MAG	15

3.3.4	Proceso Alambres Tubulares.	18
3.3.5	Proceso arco sumergido (SAW).	18
3.3.6	Proceso por rociado a la llama.	20
3.4	Aplicaciones de recuperación de componentes por recargue	22

CAPITULO 4 PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO CON ELECTRODO REVESTIDO (SMAW) (SHIELDING METAL ARC WELDING) 39

4.1	Soldadura por Arco Eléctrico con Electrodo Revestido	41
4.2	Determinación de los parámetros de trabajo	47

CAPITULO 5 PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO ELÉCTRICO CON ALAMBRE TUBULAR (FCAW) FLUX CORED ARC WELDING 58

5.1	Soldadura por Arco eléctrico con alambre tubular	58
5.2	Parámetros de trabajo	63

CAPITULO 6 APLICACIÓN DEL PROCESO SMAW AL REFUERZO DEL LAMPON DEL TRACTOR D6R 79

6.1	Recuperación de lampon por medio de soldadura por arco eléctrico con electrodos revestidos/ Lampon (hojas topadoras)	79
6.2	Selección de la maquina de soldar	87
6.3	Selección de las planchas de acero	94
6.4	Selección de los electrodos	98
6.5	Temperatura de pre calentamiento	100
6.6	Procedimiento de soldadura	107

CAPITULO 7 APLICACIÓN DEL PROCESO POR ARCO ELÉCTRICO CON ALAMBRE TUBULAR (FCAW) AL REFUERZO DEL LAMPON DEL TRACTOR D6R	117
7.1 Introducción	117
7.2 Determinación de los parámetros de trabajo	117
7.3 Procedimiento de soldadura	123
CAPITULO 8 ANÁLISIS ECONOMICO	125
8.1 Análisis de costos	125
8.2 Beneficio	135
CONCLUSIONES	138
BIBLIOGRAFIA	140
APÉNDICE	141
PLANOS	

PROLOGO

La recuperación de elementos sometidos a desgaste en maquinarias pesada toma real importancia debido a los altos costos de los repuestos; la utilización de técnicas de recuperación de estos elementos por medio de soldadura y la aplicación de la técnica de arco eléctrico con electrodo revestido (SMAW) tan utilizado en nuestro medio entre las diversas técnicas existentes, nos permite economizar y prolongar la vida útil de estos elementos. Otra técnica cuyo uso se esta incrementando en nuestro medio es la de arco eléctrico con alambre tubular (FCAW).

El presente informe, tiene por finalidad dar una solución técnica-económica al problema de desgaste de los componentes recambiables en Equipo Pesado.

Hago extensivo mi agradecimiento al Ingeniero Elías Escalante Zavaleta, por su importante participación en el desarrollo del mismo.

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

En la industria minera y en la construcción civil, existe una diversidad de equipos y maquinarias en las que muchos de sus componentes y elementos se encuentran sometidos a diferentes tipos de desgaste. La intención del presente trabajo es recuperar los elementos de las maquinas sometidos a desgaste por abrasión e impacto, por medio de recargue utilizando la soldadura eléctrica.

Con la finalidad de dar una adecuada presentación a este trabajo, se ha creído conveniente dividirlo en ocho capitulos.

El presente capitulo hace referencia a los diferentes tópicos en los que está dividido el informe.

El segundo capitulo detalla los alcances y objetivos que se espera obtener por medio del trabajo de recuperación de elementos sometidos a desgaste utilizando la soldadura por arco eléctrico.

El tercer capitulo describe los diversos tipos de desgaste y el efecto que produce este desgaste en elementos sometidos al mismo, además se realiza una descripción de los diferentes métodos de recargue que se utilizan para recuperar elementos sometidos a

desgaste, aplicaciones en diferentes elementos sometidos a desgaste y cuadros comparativos entre estos métodos.

En el cuarto capítulo se describe el método de arco eléctrico con electrodo revestido, los parámetros de funcionamiento y rangos de trabajo.

En el quinto capítulo se describe el método de alambres tubulares, parámetros de funcionamiento y rangos de trabajo.

En el capítulo seis se desarrolla una aplicación práctica de recarga de un lampon de tractor D6R utilizando el método SMAW (arco eléctrico con electrodo revestido). Se seleccionó un elemento de difícil manejo de montaje, desmontaje y transporte, para efecto de ver la importancia de un método de recarga manual, para reparaciones de equipos en zonas de difícil acceso.

El capítulo siete se refiere a la aplicación del método arco eléctrico con electrodos tubulares (FCAW) utilizado en el mismo tipo de lampon de tractor D6R.

El capítulo ocho abarca un análisis de costo de reparación, para ambos métodos, una comparación de resultados y obtener los beneficios del uso del proceso SMAW para zonas de difícil acceso, y demostrar el beneficio de realizar trabajos de recarga duro en la zona de trabajo por nuestros propios medios.

El trabajo termina con una serie de conclusiones de beneficios tanto económico, como de ventajas mecánicas en los materiales recuperados, así como una serie de tablas adjuntas como apéndice o anexo y relacionadas con el tema del informe, y un plano con detalles del elemento utilizado como ejemplo práctico de recuperación por medio de soldadura.

CAPITULO 2

ANTECEDENTES OBJETIVOS Y ALCANCE

2.1 Antecedentes

En los equipos que se utilizan en las Minas o en obras de construcción civil es muy frecuente, por un lado la sustitución de elementos de máquina sometidos a desgaste, como son: uñas de escarificador, cantoneras, uñas de ripper, cuchillas, etc., y por otro, la necesidad de reforzar los cucharones de cargadores, cucharas de excavadoras y lampones de tractores. Para la reconstrucción de estos elementos gastados y la protección del desgaste prematuro, existen diversas técnicas de recubrimiento y recuperación por medio de soldadura.

El recubrimiento y recuperación de piezas consiste en la aplicación de un material de aleación especial sobre una pieza metálica mediante diversos procesos de soldadura, con el fin de mejorar la resistencia al desgaste y/o recuperar las dimensiones apropiadas.

La propiedad que generalmente se quiere mejorar es la resistencia al desgaste producto de la abrasión, impacto, adhesión (desgaste metal-metal), o una

combinación de cualquiera de estos factores.

2.2 Objetivo

El objetivo del presente informe es el de recuperar elementos que se encuentran sometidos a desgaste por abrasión e impacto, en maquinaria pesada, utilizando técnicas de recargue duro por medio de soldadura.

De las diversas técnicas de recuperación por recargue duro se desarrolla el trabajo para obtener los siguientes objetivos:

- Utilización del Proceso SMAW para recuperación y recargue de material en elementos sometidos a desgaste por abrasión e impacto de elementos de maquinaria minera y de construcción civil. Las ventajas que ofrece esta técnica son: menor costo, disposición tanto de Equipo portable como de personal calificado, disponibilidad de aleaciones bajo la forma de electrodos para soldadura por arco eléctrico y disponibilidad para soldar fuera de posición.
- Obtener ahorro y mejoras en los procesos productivos, disponibilidad de máquina y sobre todo aumento de la vida útil de los componentes.
- Reducción de un gran stock de almacén de repuestos cuando existe la alternativa de recuperar las piezas
- Desarrollar un proceso alternativo, como el proceso de arco eléctrico con electrodos tubulares (FCAW), a fin de compararlo con el proceso SMAW, y observar los beneficios que produce uno u otro método.

2.3 Alcances

Por medio de este trabajo, se pretende conseguir una selección adecuada del material base a reforzar, una correcta selección del material de

aporte y del equipo de soldar.

Para la selección del material se toma como base su composición química. Para la selección del método del soldeo se toma en cuenta el sistema más común de soldadura y la existencia en nuestro medio de personal soldador calificado como es el caso de las Compañías Constructoras.

El aporte de este trabajo ha de traducirse en el incremento de la tasa de recuperación de los elementos de desgaste de maquinaria pesada utilizada en la industria minera y en obras de construcción civil nacional.

CAPITULO 3

DESGASTE Y PROCESO DE RECUBRIMIENTOS DE SUPERFICIES POR MEDIO DE SOLDADURA

Los elementos de desgaste son piezas cambiables que van como accesorios en las maquinas, por ejemplo cucharas, uñas, cantoneras, etc. Estos elementos por lo general se desgastan por abrasión e impacto debido al trabajo exigente a que están sometidos.

Muchos de los elementos que son reemplazados (cantoneras, uñas de escarificador, etc) pueden ser recuperados para ser utilizados nuevamente, así como otros pueden ser reforzados (lampones, cucharas de excavadoras etc), la recuperación de los primeros se pueden realizar por diversas técnicas teniendo en cuenta el tipo de material del elemento a recuperar.

Por lo general estos elementos de desgaste varían su tiempo de vida útil de acuerdo al material con el que trabajan y su régimen de trabajo, siendo reemplazados cuando su desgaste excede lo permisible recomendado por el fabricante.

3.1 Tipos de desgaste

El desgaste es una pérdida o redistribución del material de la superficie de un determinado mecanismo o elemento. El desgaste ocurre ya sea por reacción química, es decir corrosión, por fusión o por deformación mecánica. Por tanto, para resistir el desgaste se debe seleccionar un material que resista estas tres causas del desgaste o bien, se debe cambiar el entorno o lugar de trabajo para reducir esfuerzos en la superficie, temperatura o acción corrosiva.

Siempre que haya movimiento relativo entre dos sólidos que soportan una carga, existe una situación potencial de desgaste. En términos generales, se sabe que el movimiento puede ser unidireccional o de vaivén; ya sea deslizante o de rodamiento. Puede existir una combinación de estos dos últimos o el desgaste puede deberse a un movimiento oscilatorio de pequeñas amplitudes. Un metal puede interactuar con un No Metal o con líquido, como aceite lubricante, o agua de mar.

Desgaste por adherencia

El movimiento relativo puede ser deslizamiento unidireccional o de vaivén, o bien bajo carga en un contacto oscilatorio de pequeña amplitud. Los picos superficiales que coinciden fluyen plásticamente y forman fuertes uniones endurecidas por el trabajo. A medida que estas se rompen bajo la tracción tangencial impuesta, los sólidos van perdiendo material.

Desgaste por abrasión

Las partículas abrasivas producidas por los residuos del desgaste o por partículas extrañas de arena y polvo circundante permanecen atrapadas en la superficie deslizante y eliminan material principalmente por formación de surcos.

Otras formas de desgaste

Se tienen desgaste por ludimiento, por fatiga y por erosión. El desgaste por ludimiento aparece como resultado del movimiento oscilatorio de dos superficies en contacto, como sucede en máquinas donde existe vibración entre las partes. El desgaste por fatiga surge por efecto de las cargas cíclicas, por ejemplo en las fajas transportadoras con rodillos que producen pérdida de material al desgastarse las capas superficiales. El desgaste por erosión se produce cuando las partículas sólidas inciden sobre superficies de contacto.

Desgaste Del Hierro – Colado

El material hierro colado es esencialmente una aleación de hierro - carbono, cuyo contenido de carbono es alrededor del 3%. El carbono aparece parcial o totalmente como partículas de carburo y, cuando está libre, uno de los microconstituyentes es grafito en escamas o nodular, lo que depende de la técnica de moldeo utilizado.

Se puede clasificar el hierro - colado de acuerdo a su microestructura en la siguiente forma:

- Hojuelas de grafito distribuidas en una matriz de perlita con o sin algo de ferrita libre.
- Grafito nodular distribuido en una matriz de perlita con algo de ferrita libre.
- Una mezcla de austenita y cementita como en el hierro blanco.
- Grafito parcialmente nodularizado en una matriz ferrítica o perlítica como se obtiene en el tratamiento térmico del hierro blanco para producir hierro maleable.

En cierta medida, existe correlación entre la dureza general del hierro - colado y su propensión al desgaste en condiciones de abrasión, que aparecen bajo tres formas. Abrasión a presión elevada, como ocurre en las placas móviles y estáticas de una chancadora de quijadas. Abrasión de alto impacto, por ejemplo balines de hierro utilizados en la limpieza de moldes o placas de cascos de barcos. Abrasión con deslizamiento, como es el caso de tubos que conducen materiales abrasivos.

3.2 Formas de abrasión

La abrasión de los metales se ha clasificado en tres tipos generales:

- 1) Rayadura
- 2) Esmerilado
- 3) Corte a filo (o ranurado).

Abrasión por rayadura o abrasión a esfuerzo reducido

Es la menos severa, donde las partículas duras y generalmente agudas generan el desprendimiento del metal. En este tipo de abrasión son importantes la dureza original y la dureza del abrasivo, a mayor dureza del abrasivo y mayor agudeza de los filos de corte, mayor severidad del proceso abrasivo. La velocidad de la partícula abrasiva incrementa rápidamente la acción abrasiva.

Abrasión por esmerilado o abrasión de esfuerzo elevado

Se produce por la fragmentación de pequeños granos duros y abrasivos, situados entre las superficies. Los granos quebrados del abrasivo son afilados y pueden producir surcos profundos. Ejemplos de abrasión de esfuerzo elevado son las aspas de mezcladores de concreto, las hojas de cucharones de arrastre, los transportadores de tornillo, las llantas de ruedas trituradoras, las partes interiores de los molinos de bola y otras partes de maquinarias que actúan entre sí en un medio abrasivo.

La abrasión por corte

Implica una abrasión en gran escala y va generalmente asociada con el impacto. A veces se aplican las fuerzas a una velocidad relativamente baja, como el caso de un cargador frontal al excavar en roca; en otros casos puede aplicarse a alta velocidad como el caso de un martillo en un pulverizador del tipo de impacto. El mecanismo de desprendimiento de metal, es similar, al producido al maquinar con una herramienta de corte o una rueda de esmeril a alta velocidad.

3.3 Procesos de recubrimientos en superficies por medio de soldadura

En la industria minera y en la construcción anualmente son arrojados millones de dólares a los patios de desechos, esto originado por su mayor enemigo en la industria, el DESGASTE. Tenemos dos alternativas, aceptar las consecuencias económicas del desgaste y alimentar los patios de desechos o combatir el desgaste realizando un estudio técnico económico respecto a la posibilidad de recuperar partes y piezas para retornarlas nuevamente al servicio. Es común la creencia en el ámbito industrial que la solución al desgaste de partes y piezas, es el recambio de piezas desgastadas por nuevas, no siendo económica su recuperación, lo cual es un error, ya que, por medio de diversos procesos, se puede recuperar y transformar una pieza desechable por desgaste en un bien de capital recuperable. La recuperación de piezas por medio de soldadura consiste en el depósito de metal de aporte sobre una superficie metálica, para obtener las propiedades y/o las dimensiones deseadas. Las propiedades deseadas del material de aporte han de ser la resistencia a la abrasión y/o a la corrosión. Es decir, la aplicación de recubrimientos duros en superficies consiste en depositar alguna clase de aleación especial sobre una parte metálica por alguno de los diversos métodos de aplicación de soldadura, para formar una superficie que resista la abrasión, el impacto y la corrosión, o la combinación de éstas.

La selección de una aleación para recubrimiento duro en una superficie metálica, se basa en el ahorro y ventajas que se obtienen por la aplicación de la

aleación. Estas ventajas provienen del aumento de producción, del uso de un menor número de partes de repuestos y de la reducción de tiempos muertos.

La recuperación de piezas desgastadas requiere de los siguientes pasos:

RECONSTRUCCION

Se emplea en componentes con excesivo desgaste para poder llevarlo a sus dimensiones originales. Se tiene la posibilidad de emplear aleaciones similares al metal base o disimiles, con la condición de que cumpla con los requisitos de resistencia y dureza como de composición química.

PROTECCION

Se denomina así a las capas de soldadura depositadas sobre una superficie metálica para aumentar su resistencia al desgaste en servicio. Es posible depositar varias capas de soldadura, las capas están limitadas por las tensiones de contracción del componente o baja tenacidad de las aleaciones de elevada dureza aportada por la soldadura.

Las técnicas de soldaduras que se emplean para la aplicación de recubrimientos duros son:

- Proceso Oxiacetilénico
- Proceso Arco Eléctrico con Electrodo Revestido (SMAW).
- Proceso MIG-MAG
- Proceso con Alambres Tubulares (FCAW)
- Proceso arco sumergido (SAW).

- Proceso por rociado a la llama.

3.3.1 Proceso oxiacetilénico

La técnica utilizada consiste en una mezcla de oxígeno y acetileno, de esta mezcla se produce una llama que sirve para fundir el material de aporte. El oxígeno se suministra en botellas de acero a una presión de 200 Bar. El acetileno se suministra en botellas de acero con una masa porosa y acetona a una presión de 19 Bar. En ambos casos se usa reductores de presión mínima de trabajo de 2.5 Bar para el oxígeno y 0.5 Bar para el acetileno. También se puede generar acetileno en un gasógeno haciendo reaccionar el carburo de calcio en agua. Estos equipos deben de cumplir con las normas de seguridad (manómetros operativos, mangueras y conexiones limpias), cilindros de gas, sujetos en posición vertical y situados lejos del dispositivo de calentamiento. Para la aplicación de recubrimientos duros en superficies es recomendable usar mezcla en exceso de acetileno (llama carburante), con la finalidad de extender el calor y hacer mínima la posibilidad de quemar el material.

Las Ventajas que ofrece esta técnica son:

- Equipo simple y portable
- Sirve para espesores de hasta tres milímetros con soldadura hacia la izquierda. Para espesores mayores se puede soldar hacia la derecha.

- Se puede soldar aceros al carbono, aceros de baja aleación, materiales no ferrosos y hierro fundido

Las Desventajas son:

- En nuestro medio la soldadura oxiacetilénica tiene mayor uso para corte o calentamiento, en cambio para recubrimiento es escaso debido a que requiere de personal calificado
- Taza de deposición baja aproximadamente $\frac{1}{2}$ kg./h

3.3.2 Proceso Arco Eléctrico (SMAW)

Como el uso de esta técnica es la finalidad del presente trabajo para el recubrimiento de elementos de desgaste, este proceso será desarrollado ampliamente en el siguiente capítulo.

3.3.3 Procesos MIG – MAG (Soldadura Arco Abierto)

Es un proceso que la fusión de los metales se obtiene por un arco eléctrico establecido entre el extremo del alambre aportado continuamente y la pieza a soldar. La fusión del metal así obtenido es protegida por un gas suministrado simultáneamente con el alambre.

Dependiendo del tipo del gas protector, al proceso se le denomina:

MIG (*Metal Inert Gas*) : Cuando el gas de protección empleado es inerte, ejemplo: Helio o Argón.

MAG (*Metal Active Gas*) : Cuando el gas de protección empleado es activo, ejemplo el Dióxido de Carbono (CO₂) o una mezcla de Gas Inerte con CO₂ u O₂.

La transferencia del metal de aporte hacia el cordón de soldadura se realiza de varias formas dependiendo del voltaje, amperaje y gas protector empleado.

Equipo Utilizado:

- Fuente de poder
- Alimentador de alambre
- Pistola de soldar y manguera
- Cilindro de gas de protección

Las fuentes de poder son de tipo de corriente continua de voltaje constante. No tienen control para regular el amperaje, por lo tanto no pueden emplearse para soldar con electrodos revestidos.

Voltaje de arco y tipo de transferencia

La distancia entre el electrodo y la plancha se denomina la longitud del arco. Longitud de arco corto es cuando la distancia entre el electrodo y la plancha es la mínima permisible. Longitud de arco largo es la máxima distancia entre el electrodo y la plancha sin que se apague el arco.

El voltaje del arco que determina su longitud controla el modo de transferencia del metal (es decir, en spray o cortocircuito) y puede incidir en la salpicadura excesiva cuando está por debajo de lo requerido.

El voltaje real del arco eléctrico puede alterarse con el empleo de diferentes diámetros de alambre, así como el uso de gases diversos. Dependiendo del voltaje, se produce el tipo de transferencia de material, para voltajes por debajo de 20 voltios, la transferencia de material ocurre en corto circuito, el baño de soldadura es pastoso (viscoso) a 70 gotas por segundo, para tensiones por encima de los 25 voltios el tipo de transferencia se denomina en spray, la soldadura es fluida entre 100 a 300 gotas por segundo. Existe transferencia en spray solo con gas Argón o mezclas de gases ricas en Argón.

En la soldadura con transferencia por cortocircuito debe tenerse cuidado con el control de voltaje, ya que un incremento excesivo puede restar la posibilidad de realizar soldaduras en posiciones forzadas.

Las Ventajas son:

- Mayor tasa de deposición con respecto al proceso SMAW y oxiacetilénico (5 – 7 Kg./h)
- Excelente calidad de soldadura con bajo contenido de

hidrogeno en casi todos los metales y aleaciones empleados en la industria

- Elimina el trabajo de remoción de escorias

Las Desventajas son:

- Necesita operadores mejor calificados.
- El Ajuste incorrecto del equipo o insuficiente alimentación uniforme del alambre crea defectos en la soldadura.
- Equipo más costoso.

3.3.4 Proceso Alambres Tubulares FCAW

Este proceso será desarrollado ampliamente en el capítulo cinco, por ser el método que servirá para compararlo con el proceso SMAW

3.3.5 Proceso por Arco sumergido (SAW)

En este proceso se produce la unión de los metales mediante el calentamiento de estos con un arco entre un electrodo alimentado continuamente y la pieza del trabajo. El arco y el metal fundido se encuentran sumergidos durante la operación bajo una cubierta de fundente granular sobre la pieza a soldar. Este es un proceso que puede ser semiautomático o automático.

La fuente de energía recomendada es la de corriente continua con voltaje variable, aunque puede usarse corriente continua con voltaje

constante o corriente alterna con voltaje variable.

Se recomienda la corriente continua con el electrodo conectado al polo negativo (polaridad directa), para lograr el mejor régimen de depósito y la menor penetración en el metal base. Puede usarse casi cualquier alimentación de alambre automática o semiautomática pero debe estar dotada de una buena selección de parámetros de trabajo (tipo de corriente, polaridad, intensidad de soldeo, tensión de soldeo, velocidad de soldeo, diámetro del alambre, extensión del alambre libre o stick out y el ángulo de inclinación del alambre).

Las variables de operación deben ser seleccionadas adecuadamente ya que estas influyen en la soldadura (Corriente de soldadura, tipo de fúndente, tipo y diámetro de alambre, tipo de corriente y polaridad, tensión de arco, velocidad de avance, ángulo de inclinación del electrodo, etc.).

Las Ventajas son:

- Alta tasa de deposición de metal (45 Kg./h).
- Alta calidad de soldadura.
- Puede ser automatizado.
- Ampliamente utilizado en aceros al carbono, aceros de baja aleación y aceros inoxidable.

Las Desventajas son:

- Equipo no portátil.
- Necesita depósito para el almacenamiento, alimentación y recojo de los fundentes
- Sólo se puede soldar en posición plana y filete.
- Soldador altamente capacitado.
- Equipo de alto costo.

3.3.6 Proceso por rociado a la llama

El rociado a la llama o la aplicación de recubrimiento por impacto de partículas como a veces se le denomina, consiste en rociar material fundido sobre una superficie preparada previamente. Para formar un recubrimiento el material se funde en una llama y a continuación se le atomiza hasta lograr un fino rocío. Las partículas al experimentar el impacto, se aplana, se entrelazan y se traslapan unas con otras, por lo que quedan firmemente unidas para formar un recubrimiento denso y coherente. Como el material fundido va acompañado de un sople de aire la parte que se está recubriendo no se calienta en forma excesiva.

Los cuatro métodos en uso de rociado a la llama son:

- 1) El de oxiacetileno (Alambre, polvo y varilla).
- 2) Oxihidrógeno (Polvo).
- 3) El de detonación (Polvo).
- 4) El de Plasma (Polvo).

El de llama oxiacetilénica es el de uso más común.

El método Oxiacetilénico consiste en alimentar alambres, polvos o varillas metálicas y no metálicas a una cámara en la que se funden en una llama oxiacetilénica a una temperatura superior a los 5000 °F. Luego se atomiza el material fundido por medio de una corriente de aire comprimido el que lleva las partículas hasta una superficie previamente preparada. El aplicador o pistola varía de acuerdo al proceso con polvo del rociado con varillas o alambres.

El método de Oxihidrógeno es considerablemente más costoso que el método oxiacetilénico y se utiliza principalmente para aplicar cierto grado de aleaciones autofundentes de Ni – Cr. Se diferencia del anterior por que se sustituye el acetileno por hidrogeno.

El método de detonación utiliza un aplicador del tamaño de un fusil. Es en esencia un método oxiacetilénico para polvo y difiere de este en que a la cámara de detonación del aplicador se alimentan cantidades medidas con toda precisión de oxígeno y acetileno a presión. Una bujía con acción controlada enciende la carga y da origen a una explosión que lanza violentamente las partículas de recubrimiento calentadas a un estado casi plástico (6000 °F) por el extremo exterior del fusil, a una velocidad de 2500 pies/seg hacia la parte a recubrir y a una distancia de 2 a 4 pulgadas.

El soplete que se usa con el aplicador de rociado del tipo de plasma es capaz de producir y mantener una alta temperatura (más de 20 000 ° F) y una alta velocidad en el gas inerte (generalmente Nitrógeno) por periodo de más de una hora. El mecanismo o fuente del calor del aplicador se conoce como plasma térmico.

Las Ventajas son:

- Forma un recubrimiento denso de alta pureza.
- Los recubrimientos rociados con plasma son generalmente más densos y tienen mejor unión, contienen menos óxidos.
- Resistencia a la tensión más alta que los recubrimientos metálicos.

Las Desventajas son.

- Equipos sofisticados y costosos.
- Equipos poco portable.
- La preparación de la superficie a recubrir requiere de un mayor cuidado en cuanto a limpieza y rugosidad de la misma, en comparación a los recubrimientos metálicos

3.4. Aplicaciones de recuperación de componentes por recargue con soldadura

Antes de desarrollar la aplicación practica del refuerzo de la hoja topadora (lampon) se expondrá una visión de las diversas aplicaciones de procesos de

soldadura en elementos sometidos a desgaste.

En la industria minera y en la construcción, se remueve, transporta y transforma distintos tipos de rocas, arenas y minerales. Esto produce desgaste por abrasión de baja y alta presión, además se presentan diferentes grados de impactos sobre las partes y componentes de los equipos, y en menor grado de desgaste metálico y rodadura como en las ruedas de carros mineros.

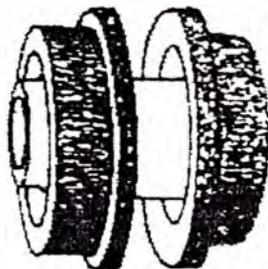
En los movimientos de tierra y agregados los equipos están sometidos a los siguientes desgastes:

- Desgaste Metal-Metal y rodadura como por ejemplo las ruedas guías de los tractores
- Desgaste Metal-Metal con Impacto como por ejemplo los cruces de vías férreas.
- Abrasión Severa como el desgaste de la cuchara de un cargador frontal
- Abrasión e Impacto como el desgaste de las mandíbulas o quijadas de una Chancadora.

Componentes recuperables por medio de soldadura

A continuación se detalla diversos componentes de equipos recuperables con soldadura:

COMPONENTES DEL TREN DE RODAJE DE TRACTOR

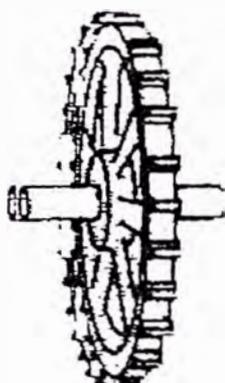


PROCESO	RECONSTRUCCION	PROTECCION
MANUAL	SUPERCITO	CITODUR 350
SEMI-AUTOMATICO	EXSATUB 74	EXSATUB 350-0
AUTOMATICO	PSI/POP 185	PSI/POP 250

Comentarios:

- Desmontar los bujes y cojinetes dejando solo el cuerpo totalmente limpio.
- Aplicar capa base y dos pasadas de material resistente al desgaste.
- El proceso automático es el de menor costo.

RUEDAS DENTADAS

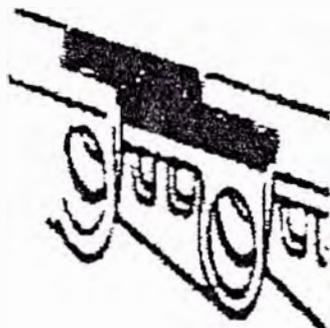


PROCESO	RECONSTRUCCION	PROTECCION
MANUAL	SUPERCITO	CITODUR 350
SEMI-AUTOMATICO	EXSATUB 74	EXSATUB 350-0

Comentarios:

- Limpiar la superficie a soldar, eliminando las partes fisuradas.
- Posicionar la rueda para soldar en posición plana con cordones transversales siguiendo la forma del diente con una plantilla que abarque cuatro o cinco dientes.
- El precalentamiento es recomendable.

ESLABON DE CADENA

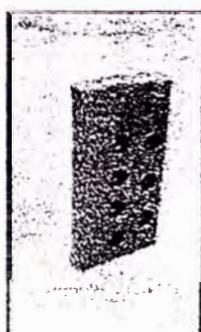


PROCESO	RECONSTRUCCION	PROTECCION
MANUAL	SUPERCITO	CITODUR 350
SEMI-AUTOMATICO	EXSATUB 74	EXSATUB 350-0
AUTOMATICO	PSI/POP 185	PSI/POP 250

Comentarios:

- Eslabones fisurados o dañados se deben reponer por material nuevo y no reconstruirse.

CANTONERA DE TRACTOR

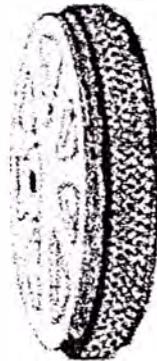


PROCESO	RECONSTRUCCION	PROTECCION
MANUAL	SUPERCITO	CITODUR 600
SEMI-AUTOMATICO	EXSATUB 74	EXSATUB 1000-0

Comentarios:

- Calzar la cantonera haciendo uso de planchas HSLA para recuperar su forma original.
- La soldadura de unión se realiza con el producto EXSATUB 74
- El recubrimiento duro se debe colocar para proteger el cordón de unión frente a la abrasión y para proteger las zonas de trabajo sometidas a mayor desgaste, esta protección puede ser en forma de almohadillado, mediante cocada y/o botones.
- Realizar inspección visual y verificar que no existan fisuras en el cordón de soldadura de unión ni en la zona afectada por el calor.
- El soldador deberá dominar el proceso de soldadura FCAW
- El soldador deberá dominar la técnica de aplicación de recubrimientos duros
- Preparar la junta en forma de "X" y soldar en forma alterna por ambos lados.

RUEDA GUIA

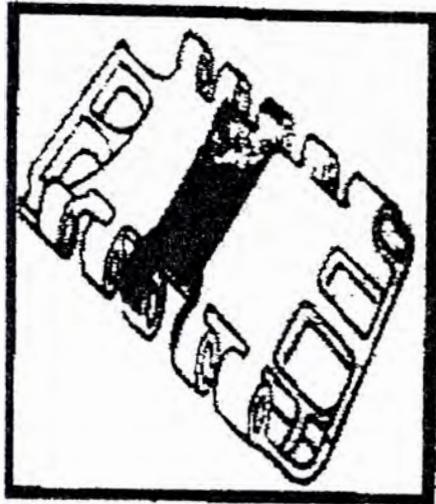


PROCESO	RECONSTRUCCION	PROTECCION
MANUAL	SUPERCITO	CITODUR 350
SEMI-AUTOMATICO	EXSATUB 74	EXSATUB 350-0
AUTOMATICO	PSI/POP 350	PSI/POP 250

Comentarios:

- Igual proceso que los rodillos para su reparación solo que el ajuste se realiza en forma circunferencial en cada banda de rodadura, Precalentado 200-300°C y control de las deformaciones.

ZAPATAS DE ORUGA



Para las zapatas de oruga depende del tipo de metal base de la zapata:

METAL BASE ACERO AL CARBONO

PROCESO	RECONSTRUCCION	PROTECCION
MANUAL	CITOMANGAN	NO NECESITA
SEMI-AUTOMATICO	EXATUB 1000	NO NECESITA
AUTOMATICO	PSI/POP 350-0	NO NECESITA

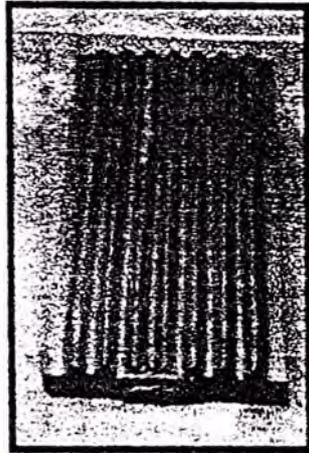
METAL BASE ACERO AL MANGANESO

PROCESO	RECONSTRUCCION	PROTECCION
MANUAL	CITOMANGAN	CITODUR 600
SEMI-AUTOMATICO	EXSATUB 350-0	EXSATUB 1000

Comentarios:

- En acero al manganeso, sumergir las placas en agua, dejando al aire solamente las zonas a soldar.

MANDIBULA DE TRITURACION

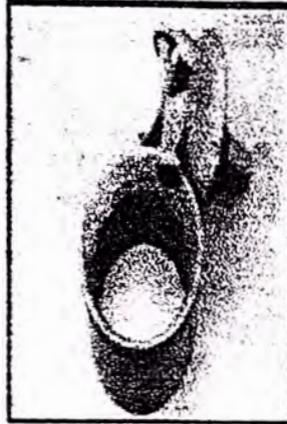


PROCESO	RECONSTRUCCION	PROTECCION
MANUAL	CITOMANGAN	—————
SEMI-AUTOMATICO	EXSATUB 74	EXSATUB 350-0

Comentarios:

- Limpiar la superficie a soldar, eliminando las partes fisuradas.
- Posicionar la rueda para soldar en posición plana con cordones transversales siguiendo la forma del diente con una plantilla que abarque cuatro o cinco dientes.
- El precalentamiento es recomendable.

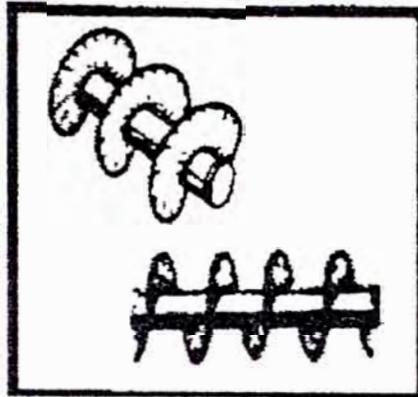
ASIENTO DE VÁLVULA



PROCESO	RECONSTRUCCION	PROTECCION
MANUAL	INOX 29/9	CITODUR 600

Comentarios

- Mantener la válvula soldada a 150°C durante 30 minutos para facilitar la difusión del hidrogeno y enfriarla lentamente en cal.
- Rebajar uniformemente 5 mm de las dimensiones originales en torno.
- Soldar una capa uniforme de cama cojín con Inox 29/9.
- Antes de colocar el deposito final, mecanizar en torno la cama cojín y dejar entre 2.5 a 3.00 mm de la dimensión original de la válvula para colocar CITODUR 600
- Para mecanizar el deposito de CITODUR 600 emplear pastillas carburadas.

TORNILLO SIN FIN

PROCESO	RECONSTRUCCION	PROTECCION
MANUAL	— — —	CITODUR 1000
SEMI-AUTOMATICO	— — —	EXSATUB 1000-0

Comentarios:

Para resistir severa abrasión deposite una o dos pasadas de Citodur 1000 ó Exsatub 43 en la cara y filo de la hélice

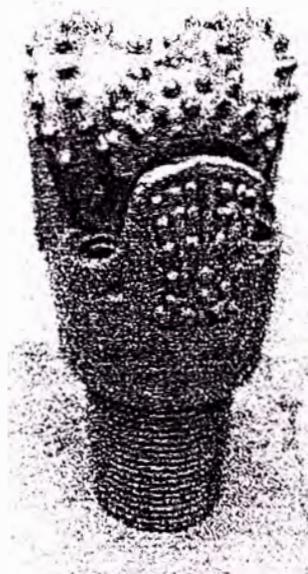
PALETA MEZCLADORA

PROCESO	RECONSTRUCCION	PROTECCION
MANUAL	SUPERCITO	EXSADUR 43
SEMI-AUTOMATICO	EXSATUB 74	EXSATUB 1000

Comentarios:

- Calzar la paleta haciendo uso de planchas HSLA para recuperar su forma original.
- Mantener la paleta soldada a 150°C durante 30 minutos y luego enfriarla en cal.
- Controlar la temperatura de interpase mediante el uso de lápices térmicos

BROCA DE PERFORACION "TRICONO"

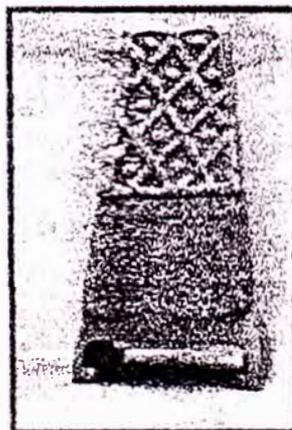


PROCESO	RECONSTRUCCION	PROTECCION
MANUAL	SUPERCITO- INOX 29/9	EXSA 721

Comentarios:

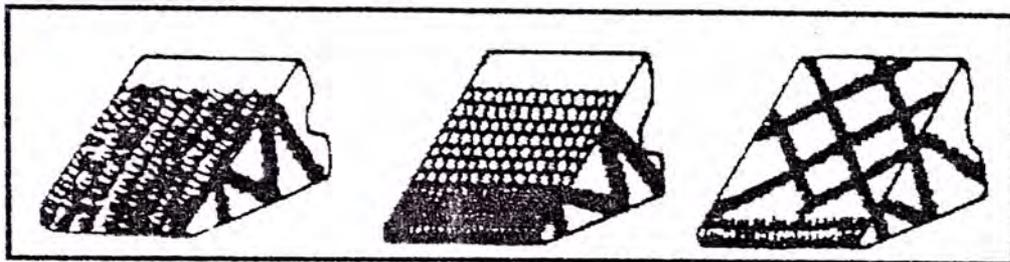
- Usar electrodos secos.
- Realizar inspección visual para detectar y resanar las discontinuidades que puedan afectar la performance del tricono.
- El soldador debe de dominar la técnica de relleno (almohadillo) y la técnica de aplicación de recubrimientos duros.
- Verificar que la conexión a tierra este ubicada en una zona que no dañe los rodajes del tricono al cerrar el circuito eléctrico al momento de soldar.
- Seguir una secuencia de soldeo predeterminada que evite un sobrecalentamiento localizado del tricono.

PROTECCIÓN Y RECUPERACIÓN DE UÑAS DE CUCHARA DE EXCAVADORA



Se debe de tener en cuenta lo siguiente:

- La morfología y granulometría del abrasivo
- Dureza del abrasivo



a

b

c

a = Abrasión cortante/ material grueso: Rocas

b = Abrasión de bajo esfuerzo/ Material fino: Arena, barro, carboncillo

c = Material mixto / Rocas y finos

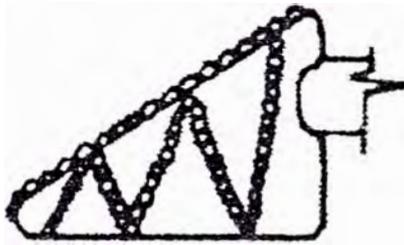
PROCESO	RECONSTRUCCION	PROTECCION
MANUAL	SUPERCITO	CITODUR 1000/600
SEMI-AUTOMATICO	EXSATUB 74	EXSATUB 1000-0

Comentarios:

- Calzar la uña con plancha HSLA de espesor de $\frac{3}{4}$ " para recuperar su forma original.
- La cocada y botones de recubrimiento se colocan en función del material a cargar.

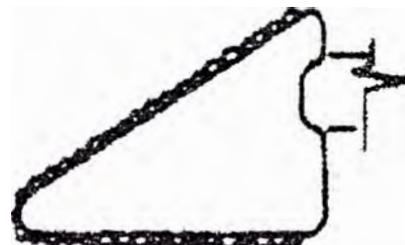
**DISPOSICION DE LOS CORDONES DE SOLDADURA PARA
PROTECCIÓN DE UÑAS DE EXCAVADORA**

Procedimiento Correcto

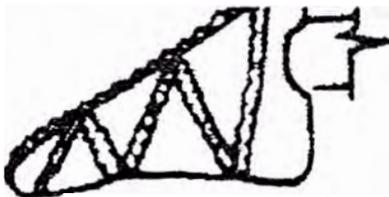


**Recubrimiento de
cara superior y costado**

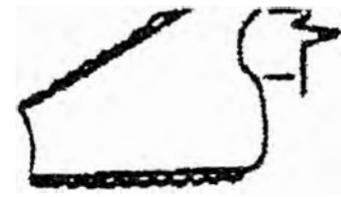
Procedimiento Incorrecto



**Recubrimiento superior
e inferior**



**Desgaste de cara inferior
manteniendo eficiencia de
penetración**



**Desgaste frontal
manteniendo eficiencia
de penetración**

RECUBRIMIENTO Y RECUPERACIÓN DE PIEZAS

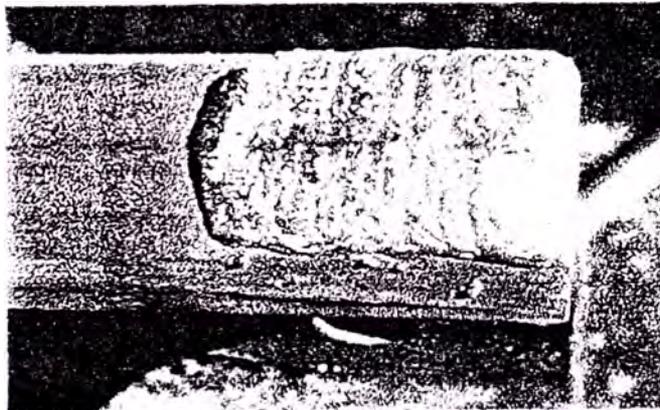
El recubrimiento y la recuperación de piezas se utilizan básicamente en dos áreas:

1.- La recuperación de piezas devolviéndoles sus dimensiones originales.

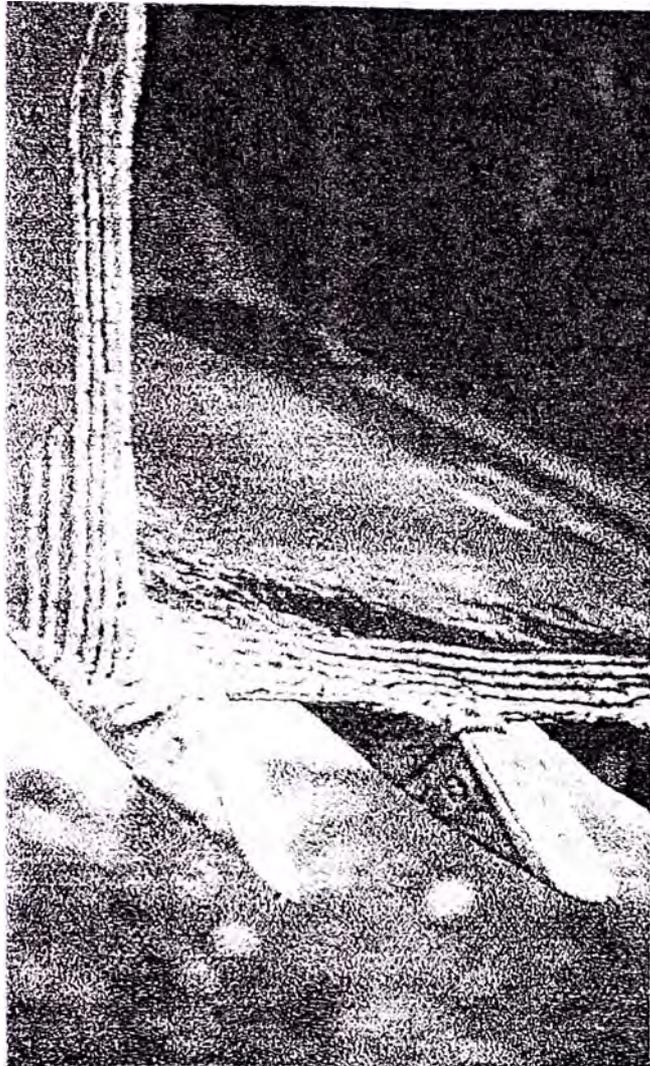
Esto se logra mediante la aplicación solo de capas de relleno, o bien de relleno (Build-Up) y de recubrimiento antidesgaste (Overlay). En ambos casos, las propiedades mecánicas de la pieza reacondicionada, son generalmente superiores a las de la pieza original.

2.- La protección contra el desgaste de piezas metálicas nuevas.

La capa de recubrimiento antidesgaste (Overlay), se utiliza tanto en piezas nuevas como también en usadas, en aquellas zonas donde las piezas son más susceptibles de desgaste. La capa final de alta aleación ofrece una resistencia superior al desgaste en comparación con la resistencia del material base original.



Relleno (Build-Up)- Extremo de un riel desgastado, cuyas dimensiones han sido llevadas más allá de las originales



Recubrimiento antidesgaste (Overlay)- Al labio y borde de una pala se les aplico un recubrimiento antidesgaste a modo de mantenimiento preventivo.

CAPÍTULO 4
PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO CON ELECTRODO
REVESTIDO (SMAW)
(SHIELDING METAL ARC WELDING)

Para una aplicación dada de recubrimiento duro, la selección del proceso de soldadura más adecuada puede ser tan importante como la selección de la aleación. Al escoger dicho proceso, junto al requerimiento del servicio deben considerarse las características físicas de la pieza de trabajo, las propiedades metalúrgicas del metal base, la forma y composición de la Aleación para el recubrimiento, los requisitos en cuanto a las propiedades y calidad de depósito de la soldadura, la habilidad del soldador y el costo de la operación.

Se debe considerar por lo menos tres factores en la selección del metal de base:

- 1) La composición química
- 2) La aleación del recubrimiento
- 3) El proceso de soldadura

Hay elementos muy pesados y grandes por lo que se necesita muchas veces de equipos portable y poco complicados en la selección del proceso de soldadura, que

puedan ser llevados hasta la zona donde se encuentra el elemento a reforzar, por contraste las partes que pueden llevarse fácilmente hasta el equipo de soldadura y las que son procesadas en grandes cantidades pueden trabajarse en forma más eficiente, por métodos automáticos y semiautomáticos.

Las propiedades del metal base determina el precalentamiento, el calentamiento en pleno proceso y los regímenes de calentamiento posteriores a la soldadura.

En resumen el precalentamiento del metal de base que ha de recurrirse es necesario a veces para minimizar la deformación, para prevenir el agrietamiento y para evitar el choque térmico. Con el objeto de determinar la temperatura correcta del precalentamiento debe conocerse o determinarse la composición de metal base al que se ha de aplicar un recubrimiento duro.

Además de la composición de la aleación misma que ha de servir para aplicar el recubrimiento, debe tenerse en cuenta el grado de dilución del metal base en la parte recubierta. Dilución es la ínter aleación del metal de recubrimiento con el metal de la pieza de trabajo, y se expresa ordinariamente como porcentaje del metal base que hay en el depósito de recubrimiento duro. Por ejemplo una dilución del 10% significa que el depósito contiene 10% del metal base y 90% de la aleación, para el recubrimiento duro. Al aumentar la dilución se reduce la dureza, la resistencia al desgaste y otras propiedades deseables del depósito de aleación.

Es también importante relacionar los requerimientos de la parte, a la que se va a

aplicar el recubrimiento, con la destreza del soldador que aplica dicho recubrimiento, es necesario por ejemplo, utilizar soldadores altamente calificado para hacer recubrimientos duros en equipos de minería y de movimientos de tierra.

El recubrimiento duro de las válvulas de los motores de combustión, por otra parte, requiere soldadores sumamente experimentados y un control preciso en la operación de soldadura.

Justificación de la selección del proceso por arco eléctrico con electrodo revestido

Justificamos la utilización del proceso por arco eléctrico con electrodo revestido por las siguientes razones:

- .Equipo de soldar económico y versátil, de fácil manipuleo y transporte
- Protección del metal de aporte incluido en el electrodo
- Menos sensible a las corrientes de aire
- Puede ser utilizado en áreas de acceso limitado
- Personal soldador calificado con dominio de la técnica de recargue por medio de este proceso, en mayor disponibilidad que personal soldador expertos en las otras técnicas.

4.1 Soldadura por Arco Eléctrico con Electrodo Revestido.- (Smaw)

La soldadura por arco eléctrico con electrodo revestido (Shielding Metal Arc Welding - SMAW) es un proceso de soldadura por arco en que produce fusión de metales por medio del calor de un arco eléctrico que se mantiene

entre la punta de un electrodo revestido y la superficie del metal base que se está soldando.

Campos De Aplicación:

Esta técnica de soldadura se aplica ampliamente en la Industria de la construcción, farmacéutica, alimentaria, química, petrolera, ferroviaria, naval, calderas, estructural, minera y mantenimiento industrial.

En nuestro medio es la técnica mas utilizada, aunque la tendencia es la de emplear procesos semiautomáticos o automáticos como son el proceso MIG-MAG o el de arco sumergido que son de mayor uso en países con mayor desarrollo industrial.

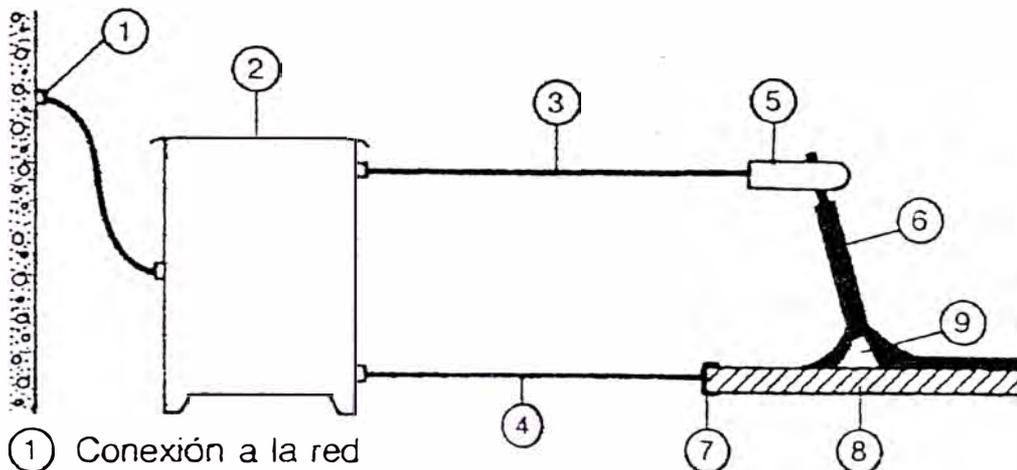
Teoría de Operación.-

La Soldadura por arco con electrodo revestido comienza cuando un arco voltaico se genera entre el extremo del electrodo y el metal base. El calor intenso del arco derrite un extremo del electrodo y de la superficie del metal base cerca del arco. Los glóbulos minúsculos del metal fundido se forman rápidamente por el extremo del electrodo y se depositan sobre la superficie del metal base mientras el electrodo se consume progresivamente. El arco se mueve por la zona de trabajo a una determinada longitud de arco y a una velocidad de recorrido apropiada derritiendo y fundiendo una porción del metal base y agregando continuamente el metal de aporte. Puesto que el arco es muy caliente (temperatura sobre los 4.000 grados centígrados). La fundición del metal ocurre casi instantáneamente sobre la iniciación del arco. Si el soldeo se

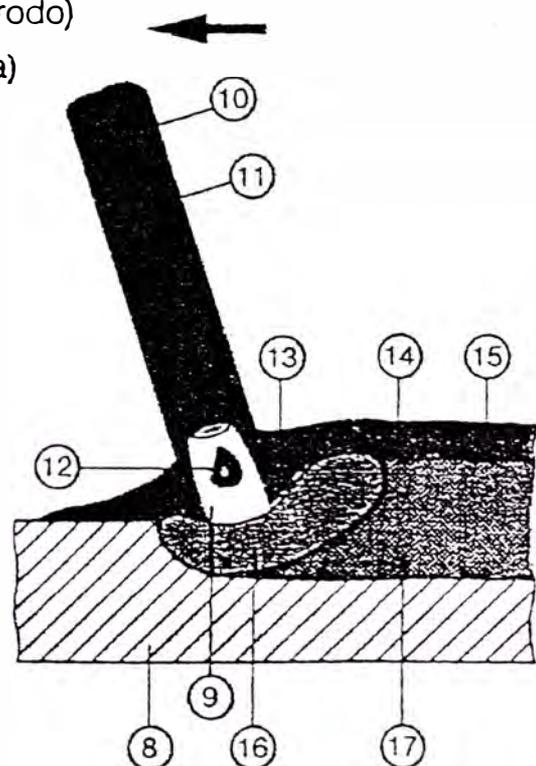
hace en posición plana u horizontal, la transferencia de metal es inducida por la fuerza de la gravedad, de la extensión de gas, de fuerzas eléctricas y electromagnéticas y de la tensión superficial. Para soldeo de otras posiciones la gravedad trabaja en contra de las otras fuerzas.

Componentes de la soldadura manual por arco eléctrico electrodo revestido (SMAW)

Para establecer un circuito completo en el proceso de soldadura manual por arco eléctrico electrodo revestido (SMAW) es necesario contar con una fuente de poder alimentada por una conexión a la red, cables conductores de corriente tanto para el electrodo como para la pieza, y accesorios como la tenaza para la tierra y el porta electrodos. A continuación se presenta un esquema del proceso de soldadura por arco eléctrico con electrodo revestido (SMAW) con sus componentes:



- ① Conexión a la red
- ② Fuente de corriente
- ③ Cable conductor de corriente (electrodo)
- ④ Cable conductor de corriente (pieza)
- ⑤ Porta electrodo
- ⑥ Electrodo
- ⑦ Tenaza para la masa
- ⑧ Pieza
- ⑨ Arco eléctrico



- ⑩ Núcleo del electrodo
- ⑪ Revestimiento del electrodo
- ⑫ Transición de la gota
- ⑬ Gases protectores del revestimiento del electrodo
- ⑭ Escoria líquida
- ⑮ Escoria sólida
- ⑯ Material de soldadura en estado líquido
- ⑰ Material de soldadura en estado sólido

Clases de Corriente Eléctrica

Corriente Alterna (CA). - El flujo de corriente varía de una dirección a la opuesta. Este cambio de dirección se efectúa 100 a 120 veces por segundo. El tiempo comprendido entre los cambios de dirección positiva o negativa se conoce con los nombres de ciclo o periodo (50 a 60 ciclos).

Corriente Continua (CC). - El flujo de corriente conserva siempre una misma dirección: del polo negativo al positivo.

En el Perú utilizan por lo general la corriente alterna de 220v. y 60 ciclos, la corriente es transportada por redes eléctricas monofásicas que utilizan 2 cables o bien redes eléctricas trifásicas que utilicen 3 cables de transporte.

Polaridad.- En la corriente continua es importante saber la dirección del flujo de corriente. En el circuito de soldadura la dirección del flujo de corriente es expresada en polaridad. Si el cable del porta electrodo es conectado al polo negativo (-) de la fuente de poder y el cable de tierra al polo positivo (+); el circuito es denominado Polaridad Directa. Cuando el cable del porta electrodo es conectado al polo positivo (+) de la fuente de poder y el cable de tierra al polo (-), el circuito es denominado Polaridad Invertida.

Generalmente, el electrodo conectado al polo positivo (polaridad invertida) permite una mayor penetración y el electrodo conectado al negativo (polaridad directa) da una mayor velocidad de fusión. Muchas veces los componentes químicos del revestimiento del electrodo pueden hacer variar los efectos de la polaridad, por lo que hay que tener en cuenta las recomendaciones del

fabricante.

Maquinas de Soldar por Arco Eléctrico

Son máquinas de las cuales se exige, además de la suficiente potencia, las características favorables y necesarias para el fácil encendido y mantenimiento del arco eléctrico; indispensable para una buena soldadura. Estas características son:

- Transformar el voltaje de la red eléctrica a un voltaje en vacío, que permite iniciar el arco (voltaje en vacío es el que suministra, la máquina antes de iniciar el arco; varía de 30 a 90 voltios).
- Debe permitir una conversión automática e instantánea del voltaje en vacío a un voltaje de trabajo que permita mantener el arco (voltaje de trabajo varía de 17 a 45 voltios).
- Permitir la regulación de la intensidad de corriente o amperaje necesario para soldar. Este amperaje varía según el diámetro o espesor de la pieza, posición de trabajo, diámetro del electrodo, etc. (desde 15 sobre 400 A).
- Asegurar una alimentación constante de corriente que permita mantener el arco estable.

Clases de Maquina de Soldar:

Se clasifican como:

a. Máquinas Estáticas

Transformadores

Rectificadores

Transformadores-rectificadores

b Máquinas Rotativas

- De motor eléctrico
- De motor a combustión interna:
 1. a gasolina
 2. a petróleo.

Ventajas Y Desventajas Del Proceso Smaw

Ventajas:

- Equipo relativamente simple, económico y portable.
- El metal de aporte y los gases de protección contra la oxidación durante el proceso de soldadura son proporcionado por el electrodo revestido.
- No requiere gas de protección auxiliar o protección granular.
- Es menos sensible a las corrientes de aire en comparación a los procesos con protección por gas.
- Puede ser utilizado en áreas de acceso limitado.
- Se utiliza para la mayoría de metales y aleaciones comúnmente usados.

Desventajas

- Su tasa de deposición es muy baja (1.5 a 2.0 Kg./Hora).
- Requieren un mayor tiempo de limpieza de los cordones de soldadura.
- Se requiere de dos o tres capas para lograr las máximas propiedades mecánicas de resistencia al desgaste.

4.2 Parámetros de trabajo

A continuación se procede a definir los elementos y parámetros de trabajo para

el proceso arco eléctrico electrodo revestido (SMAW)

Electrodos Revestidos

Los electrodos revestidos son varillas construidas por un núcleo metálico y un revestimiento. La clase de revestimiento determina la calidad del metal depositado.

Además de establecer el arco voltaico y proporcionar el material de aporte, el electrodo introduce otros materiales. Dependiendo del tipo de electrodo utilizado, el revestimiento realiza una o más de las siguientes funciones:

1. Proporciona un gas para brindar protección al metal depositado de la acción del oxígeno y nitrógeno del aire.
2. Proporciona limpiadores y elementos desoxidantes para la limpieza del fundente y para prevenir el crecimiento excesivo del grano en el metal base.
3. Formar un cono que actúa como cañón en el extremo del electrodo y permite soldar en posiciones difíciles y estabiliza el arco voltaico.
4. Proporciona un escudo de escoria para proteger el metal contra el aire y proporcionar las características mecánicas, forma de grano, y limpieza superficial.
5. Agrega elementos de aleación al metal base.

Los tipos de revestimientos elementales son:

TIPO	COMPONENTE PRINCIPAL
A ACIDO	OXIDO DE SILICIO SiO ₂
B BASICO	CARBONATO DE CALCIO CaCO ₃
C CELULOSICO	CELULOSA CHO
R RUTILICO	OXIDO DE TIANIO TiO ₂

Existen combinaciones y en la mayoría de los casos estos elementos intervienen en distintas proporciones. Así se obtiene las siguientes mezclas:

RR	Doble Rutílico
AR	Acido-Rutílico
RC	Rutílico-Celulósico
RRB	Doble Rutílico-Básico
BR	Básico-Rutílico

Hay una clase especial de electrodo que tienen hierro en polvo en el revestimiento, esto mejora la tasa de deposición además la presencia del hierro en polvo hace más eficiente el uso de la energía del arco. Los elementos del revestimiento con excepción del hierro se usan con frecuencia para alterar las características mecánicas del metal base.

NORMA AWS DE ELECTRODOS PARA ACEROS AL CARBONO Y
ACEROS DE BAJA ALEACION

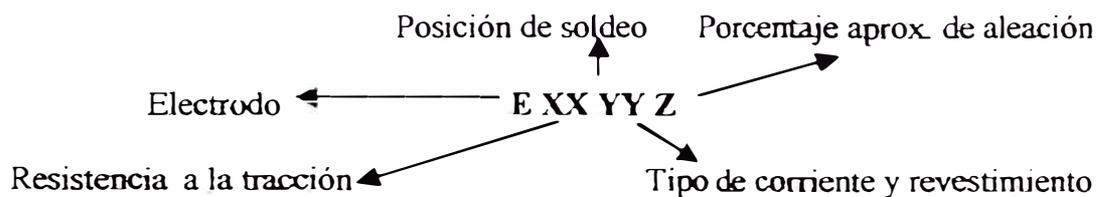
La norma AWS para especificar electrodos revestidos para aceros al carbono y aceros de baja aleación es la norma AWS A5.1 y cuya forma general es la siguiente:

E XX YY-Z

La interpretación de la norma es la siguiente:

1. La letra E designa el producto; Electrodo para soldadura eléctrica
2. Los primeros 2 dígitos (en numero de 4 dígitos) o 3 dígitos (en numero de 5 dígitos) señalan la resistencia mínima a la tracción
3. El siguiente dígito indica la posición de soldadura
4. Finalmente el ultimo dígito relacionado con el penúltimo, es indicativo del tipo de corriente eléctrica y polaridad en la que mejor trabaja el electrodo e identifica a su vez el tipo de revestimiento.

A continuación una gráfica descriptiva de la norma



RESISTENCIA MÍNIMA A LA TRACCION

E 60XX	62000 PSI mínimo
E 70XX	72000 PSI mínimo
E 110XX	110000 PSI mínimo

TIPO, CORRIENTE Y REVESTIMIENTO SEGÚN NORMA AWS A5.1

El siguiente cuadro contiene el tipo de corriente y tipo de revestimiento según la designación por norma AWS A5.1

DESIGNACION	CORRIENTE ELECTRICA	TIPO DE REVESTIMIENTO
EXX10	CC(+) solamente	Organico-celulosico
EXX11	CC(+) o CA	Organico-celulosico
EXX12	CC(-) o CA	Rutilico
EXX13	CC(-) o CA	Rutilico
EXX14	CC(+/-) o CA	Rutilico, hierro en polvo
EXX15	CC(-) solamente	Bajo hidrogeno
EXX16	CC(+) o CA	Bajo hidrogeno
EXX18	CC(+) o CA	Bajo hidrogeno, hierro en polvo(25% aprox.)
EXX20	CC(-) o CA	Alto oxido de hierro
EXX24	CC(+/-) o CA	Rutilico, hierro en polvo
EXX27	CC(+/-) o CA	Hierro en polvo
EXX28	CC(-) o CA	Bajo hidrogeno

PORCENTAJE APROXIMADO DE ALEACIÓN SEGÚN NORMA AWS

A5.1

El sufijo (ejemplo EXXXXA1) indica el porcentaje aproximado de aleación en el depósito de soldadura:

A1	0.5% Mo
B1	0.5% Cr 0.5% Mo
B2	1.25% Cr 0.5% Mo
B3	2.25% Cr 1.0% Mo
B4	2.0% Cr 0.5% Mo
B5	0.5% Cr 1.0% Mo
C1	2.5% Ni
C2	3.25 % Ni
C3	1.0% Ni 0.35% Mo 0.15% Cr
D1 Y D2	0.25%-0.45% Mo 1.75% Mn
G	0.5% min. Ni 0.3% min. Cr 0.2% min. Mo 0.1% min. V 1.0 % min. Mn

Tipo de corriente

Como se explicó anteriormente, para soldar con la técnica SMAW se puede utilizar corriente alterna o corriente continua, con polaridad directa o inversa, con bajo voltaje y alto amperaje. Sin embargo algunos tipos de electrodos

requieren exclusivamente corriente continua para poder soldar con facilidad y fiabilidad. Como es el caso de los electrodos con revestimientos básicos. Esto debido a que los electrodos básicos, son de difícil encendido y con la corriente alterna hay un punto de tensión y amperaje cero donde el arco voltaico se apaga y se vuelve a encender, esto dificulta su reencendido.

Polaridad Invertida.- El electrodo está conectado al positivo, el metal base al negativo.

Polaridad directa.- El electrodo está conectado al negativo el metal base al positivo.

Para electrodos básicos se recomienda corriente continua polaridad invertida, esto proporciona un cordón abultado y tiene alta penetración.

Para la selección del tipo de corriente, polaridad y revestimiento se utilizan las normas AWS A5.1 la cual nos describe el electrodo, tipo de corriente, polaridad y tipo de revestimiento según el caso.

Regulación del amperaje

La regulación del amperaje se realiza dependiendo del tipo de electrodo a utilizar, la posición de soldeo, tipo de corriente y la polaridad.

Para el caso del presente trabajo el electrodo a utilizar va a ser Supercito

(principalmente) para el cordón de raíz y cordones de pase según sea el caso.

Para la regulación del amperaje se tendría en cuenta lo siguiente:

SUPERCITO

Designación normalizada: E7018

Clase de corriente: Corriente continua, polaridad invertida

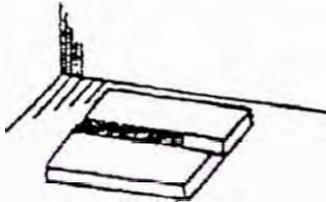
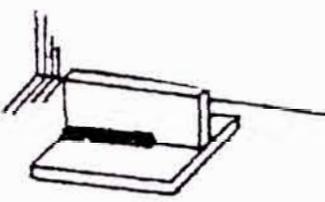
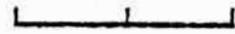
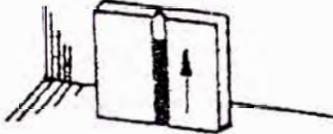
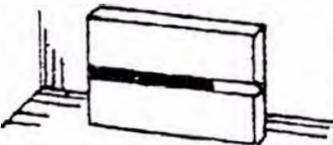
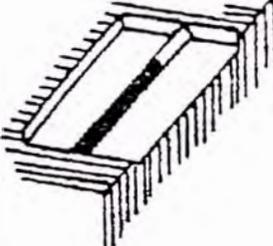
Intensidad de corriente: de 90 a 160 amperios

Diámetro del electrodo: 5 / 32

Se detalla a continuación la intensidad de corriente según la posición de soldeo que se está utilizando:

Posición de soldeo	Intensidad de corriente (A)
Plana	90
Horizontal filete	160
Vertical ascendente	100
Transversal	125
Sobre cabeza	90

Intensidad de corriente normal: aquí $(90+160)/2 = 125$ A

		125 A
		(90 A) (160)
		Limite inferior Valor normal Limite superior
plana		
horizontal		
vertical ascendente		
transversal		
sobre cabeza		

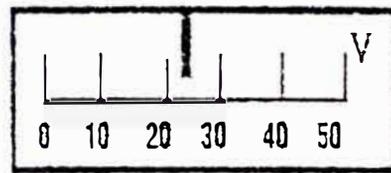
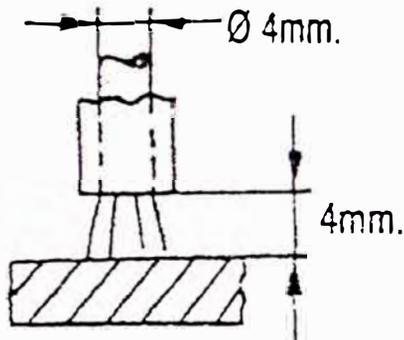
A todas las láminas de espesor menor a 3mm. se deben soldar con una sola capa de soldadura. (un sólo pase)

Variación de la tensión de trabajo

En el momento de soldar la longitud del arco voltaico varia debido al consumo del electrodo, esta variación es la tensión de trabajo La tensión de trabajo se controla según la distancia o longitud del arco voltaico. A mayor distancia mayor tensión de trabajo, a menor distancia menos tensión de trabajo, (ver figura en la siguiente pagina). El calor producido varia proporcionalmente con la longitud del arco voltaico.

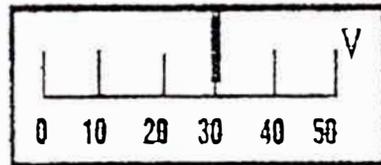
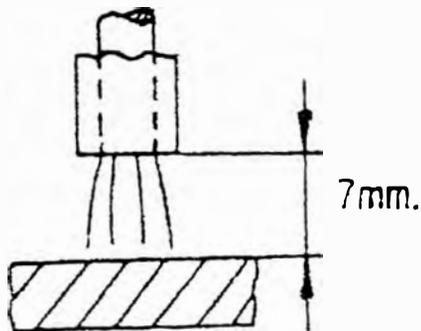
ARCO VOLTAICO NORMAL

Con los electrodos de revestimiento de rutilo, la longitud del arco es aproximadamente igual al diámetro del núcleo del electrodo



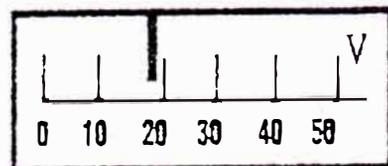
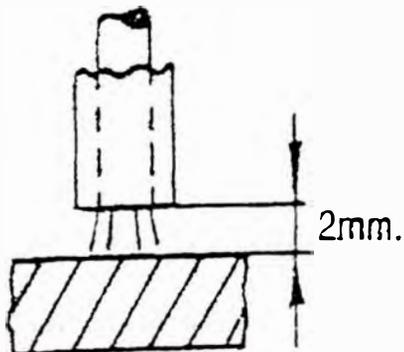
ARCO VOLTAICO LARGO

Produce mucho calor



ARCO VOLTAICO CORTO

Produce poco calor



CAPITULO 5

PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO ELÉCTRICO CON ALAMBRE TUBULAR (FCAW) FLUX CORED ARC WELDING

Los conceptos básicos del empleo de alambres continuos se desarrollaron a comienzos de 1920, sin embargo, los desarrollos de electrodos revestidos esa década redujeron el interés por otros métodos de soldadura. El proceso de FCAW fue presentado en la exposición de la AWS realizada en Buffalo, New York, en mayo de 1954. Los equipos y consumibles fueron mejorados e introducidos en la forma que los conocemos en 1957.

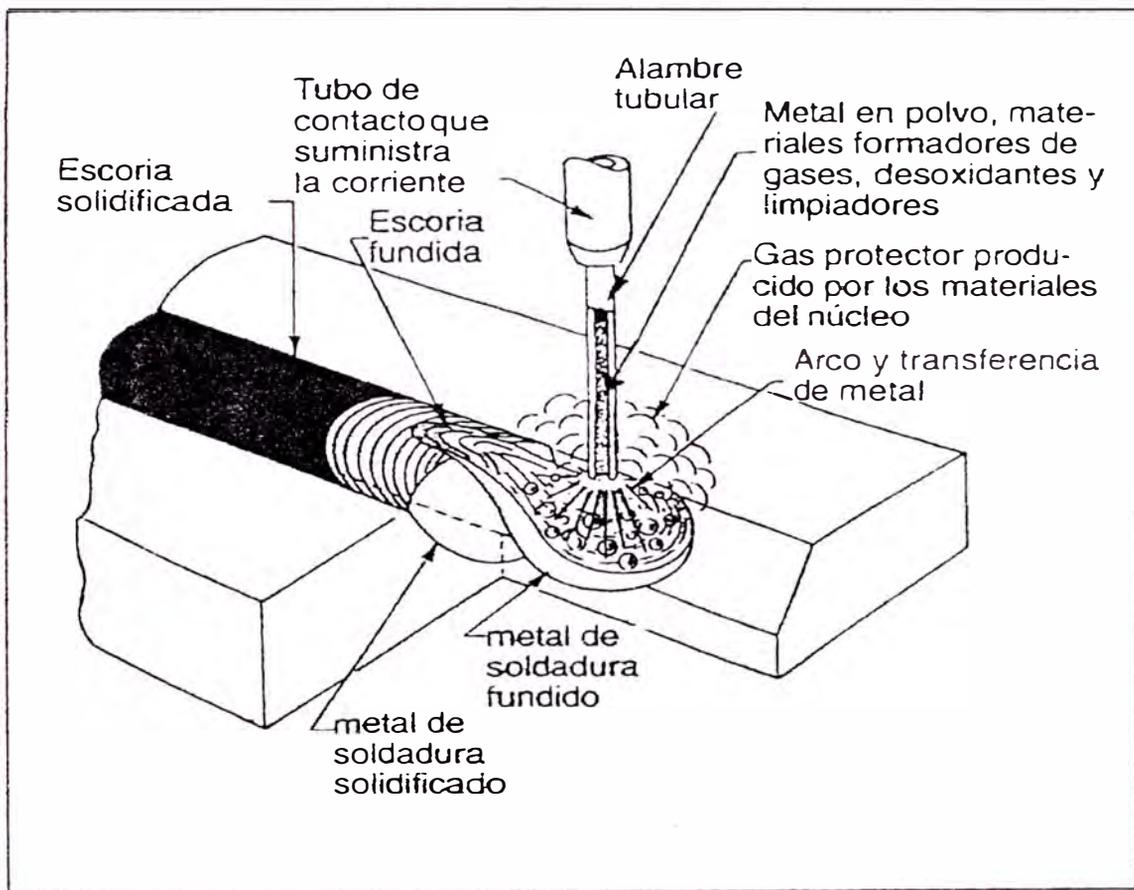
5.1 Soldadura por Arco Eléctrico con Electrodo Tubular (FCAW)

Actualmente el FCAW es ampliamente usado para soldaduras de fabricación y reparación, apoyados con los adelantos de nuestra época en las mejoras de las fuentes de poder y alimentadores de alambre. Además las nuevas pistolas son mucho más ligeras y con mayor ciclo de trabajo, dependiendo sus características del diámetro de alambre tubular a emplear.

Este proceso de soldadura combina las características de:

- Arco eléctrico manual (SMAW) como también se le denomina al arco eléctrico con electrodo revestido.
- Proceso MIG-MAG (GMAW) o Gas Metal Arc Welding
- Proceso de arco sumergido (SAW).

En este proceso de soldeo, la soldadura se consigue con el calor de un arco eléctrico establecido entre un alambre-electrodo consumible continuo y la pieza que se suelda. La protección se obtiene de los fundentes contenidos dentro de un alambre tubular pudiéndose utilizar con o sin gas de protección adicional.



La técnica electrodo tubular se diferencia del MIG/MAG en el tipo de electrodo que, como su nombre indica, en este caso, es un alambre hueco y relleno de fúndente el cual, al fundirse por la acción del arco eléctrico, deposita un metal fundido protegido con una fina capa de escoria; podríamos decir que es como un electrodo revestido al revés. En lo demás hay bastante similitud con el proceso MIG/MAG.

Existen dos variantes del proceso:

Autoprotegido.- Que protege el baño de fusión gracias a la descomposición y vaporización de los fúndentes.

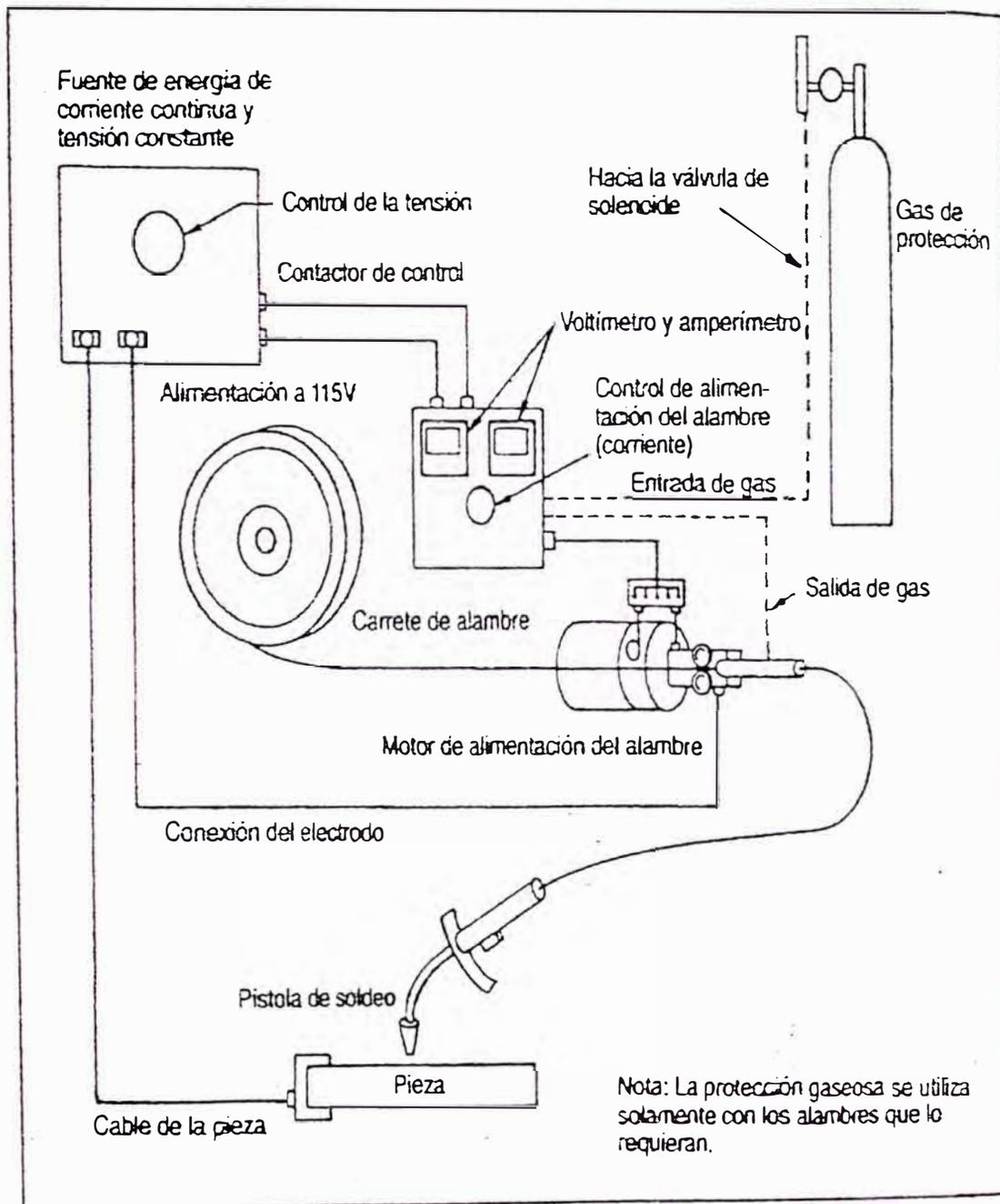
Con protección de gas.- que suele ser CO₂ o mezclas de CO₂ y Argón que utiliza gas de protección además de la acción protectora de los fúndente.

La elección del tipo de proceso (Autoprotegido o protegido con gas) depende de las propiedades mecánicas deseadas, tipo de alambre disponible y del tipo de unión.

Equipo de soldeo

Se puede utilizar el equipo de soldeo MIG/MAG, variando en el caso de alambre tubular Autoprotegido la ausencia de gas protector. Otra diferencia es el uso de rodillos moleteados o en bisel en V en lugar de los clásicos lisos, para evitar que se aplaste o deforme el alambre tubular.

La pistola de soldar o antorcha varia de acuerdo al alambre a utilizar. Si es Autoprotegido o si es con protección a gas.



Equipo para soldar por el proceso arco eléctrico con electrodo tubular

Ventajas.-

- Se utiliza para el soldeo de aceros al carbono, aceros de baja aleación, aceros inoxidable y fundiciones.
- Es un proceso semiautomático
- Produce uniones de alta calidad
- Alta productividad debido a la alimentación continua del electrodo.
- Alto rendimiento del alambre
- Sin socavaciones en soldadura de filete
- Bajas distorsiones y deformaciones
- Se pueden soldar grandes espesores de plancha

Desventajas.-

- Mayor costo del equipo
- Mayor tiempo de limpieza de la escoria con respecto al proceso MIG/MAG
- Alto nivel de humos
- Los alambres autoprotegidos son muy sensibles a la variación de tensión de arco (origina porosidad)
- Si el alambre no se protege se oxida rápidamente
- El alimentador debe estar cerca del lugar de soldadura

5.2 Parámetros de trabajo

Los elementos y parámetros de trabajo para realizar el proceso FCAW se detallan a continuación:

Alambre tubular

El alambre tubular, es el elemento consumible de aporte, que está compuesto por dos partes, el fleje que es el material de aporte y el relleno.

El fleje, es un acero de bajo carbono, diseñado específicamente para fabricar consumibles de soldadura.

El relleno, está compuesto por sustancias desoxidantes, fundentes, elementos aleantes, afinadores de baño, carbonatos de calcio y fluoruro de calcio.

Los alambres tubulares se pueden dividir según su aplicación en:

- *Alambres tubulares para unión*

Este tipo de alambre tubular se desarrolló para realizar labores de unión de diferentes materiales, como aceros al carbono, aceros de baja y alta aleación, hierros fundidos, sin embargo también pueden ser usados para relleno o como recubrimiento protector.

- *Alambres tubulares para relleno*

Se utilizan para la reconstrucción dimensional o como recubrimientos protectores frente a diversos agentes de desgaste. Tienen como característica una baja elongación, alta dureza y alta resistencia a la compresión.

ALAMBRE TUBULAR PARA PROCESO ARCO ABIERTO

El consumible en el proceso por arco abierto consta de un alambre tubular, cuyo interior está relleno de un polvo llamado flux. La gran variedad de

elementos que pueden ser introducidos en el flux es lo que da al proceso su **gran versatilidad**.

La cubierta exterior del consumible esta hecha de bajo carbono o acero de baja aleación. El revestimiento interior varia en su composición de acuerdo al fabricante y al tipo de alambre que se quiera producir.

La mayoría de alambres tubulares están hechos pasando una cinta de acero a través de rodillos que la moldean en forma de U. Esta U es llenada con el revestimiento en polvo y luego es cerrada mediante otros rodillos. Este tubo es reducido hasta su diámetro final por otros juegos de rodillos que comprimen el flux interior, para finalmente ser embobinado o puesto en carretes.

El relleno interior de flux tiene un papel primordial en el funcionamiento del electrodo, pues hace las mismas veces que el revestimiento en los electrodos del proceso de arco manual.

Sus principales funciones son:

- Provee las propiedades metalúrgicas, mecánicas y de resistencia a la corrosión del metal depositado.
- Favorece la solidificación del metal depositado, toda vez que lo protege de la oxidación y del nitrógeno del aire.
- Recoge impurezas del metal depositado vía la formación de escoria
- Estabiliza el arco.

Los alambres tubulares sin protección gaseosa tienen altos porcentajes de desoxidantes y desnitrificantes. Los primeros se combinan con el Oxígeno para evitar la pérdida de otros elementos de aleación por oxidación. Los segundos se combinan con el nitrógeno y la formación de nitruros que puedan ser dañinos

al metal depositado.

CONSIDERACIONES PARA LA SELECCION DEL ALAMBRE TUBULAR

Las consideraciones a tener en cuenta para seleccionar el alambre tubular de acuerdo al uso son las siguientes:

- Material Base (composición química)
- Características de la fuente de poder
- Alimentador y pistola
- Zona de soldadura (taller o al aire libre)
- Posición de soldadura
- Espesor de material base
- Tipo de corriente

NORMAS AWS-FCAW

Los alambres tubulares están normados por la AWS de la siguiente manera:

Alambres tubulares de bajo carbono o estructurales

Están normalizados según ANSI/AWS A5.20. La norma indica no solamente valores mecánicos y posición de soldadura, sino también la necesidad de protección gaseosa y la posibilidad de efectuar múltiples pasadas. A continuación se explica los términos de la norma.

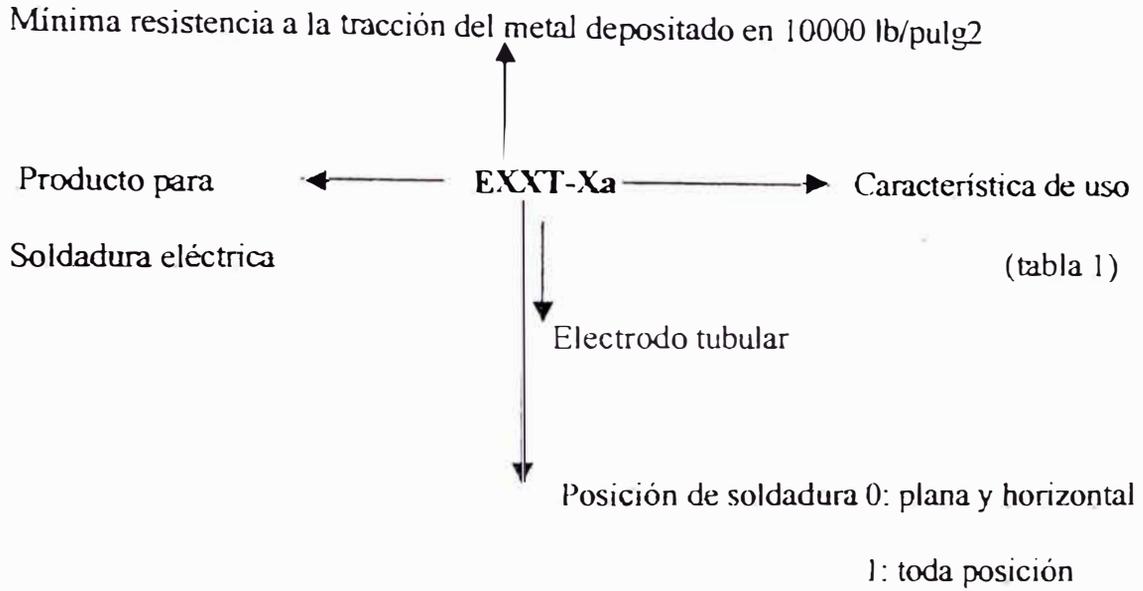


TABLA DE CARACTERÍSTICAS DE USO:

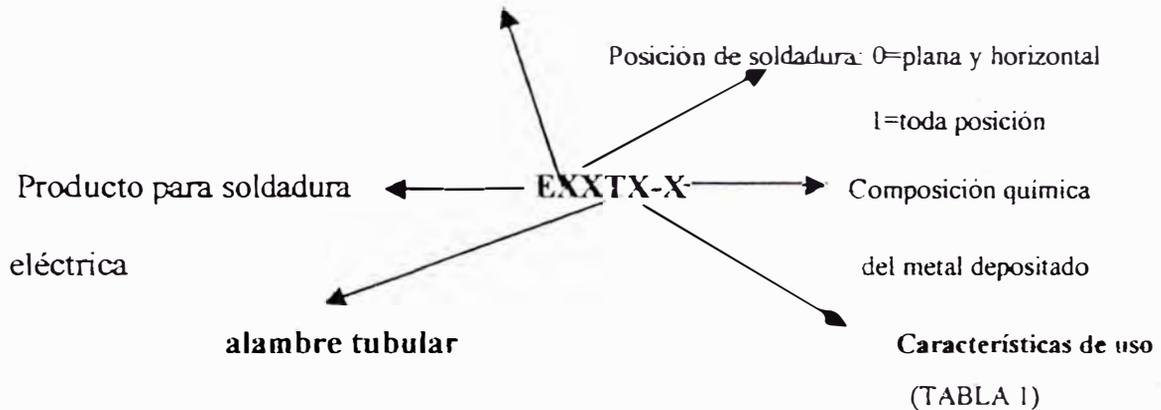
Tabla 1

Clasificación AWS	Gas de protección	Corriente y polaridad
EXXT-1	CO ₂	CC Electrodo +
EXXT-2	CO ₂	CC Electrodo +
EXXT-3	—	CC Electrodo +
EXXT-4	—	CC Electrodo +
EXXT-5	CO ₂	CC Electrodo +
EXXT-6	—	CC Electrodo +
EXXT-7	—	CC Electrodo +
EXXT-8	—	CC Electrodo +
EXXT-9	—	CC Electrodo -
EXXT-10	—	CC Electrodo -
EXXT-11	—	CC Electrodo -

Alambres tubulares de baja aleación

Están normalizados según la norma ANSI/AWS A5.29. y la nomenclatura de estos alambres tubulares es como sigue:

Mínima resistencia a la tracción de metal depositado en 10000 Psi



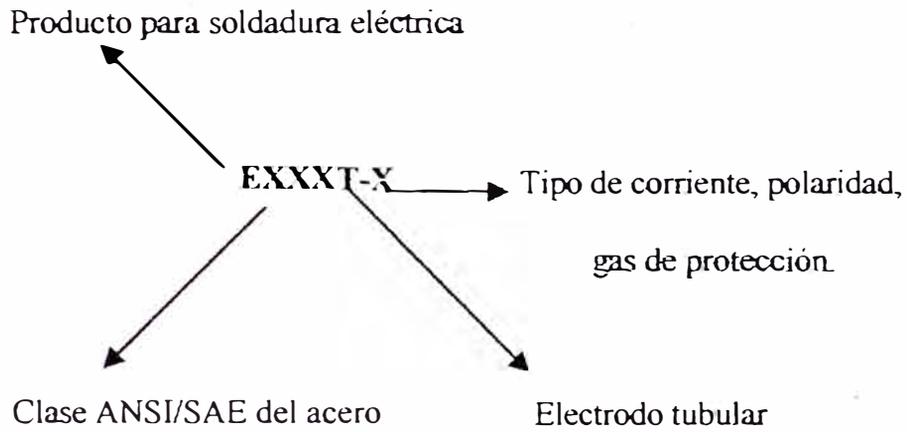
Alambres tubulares para recargue

Alambres para recargues duros (o recubrimientos duros como se les conoce en el proceso de arco manual). También se producen para algunas aplicaciones específicas. Los hay antiabrasivos (en distintos grados), anticorrosivos y antiimpacto.

Alambres tubulares para acero inoxidable

En la norma ANSI/AWS A5.22 se dan los requerimientos para alambres resistentes a la corrosión de cromo y cromo-níquel.

La nomenclatura de estos alambres es como sigue:



A continuación se detalla la Tabla 2 que permite reconocer el tipo de corriente, polaridad y el tipo de gas utilizado por el alambre tubular.

Tabla 2

DESIGNACIÓN AWS	TIPO DE GAS	CORRIENTE Y POLARIDAD
EXXT-1	CO ₂	C.C.+
EXXT-2	Ar + 2%O ₂	C.C.+
EXXT-3		C.C.+

RESUMEN DE LAS NORMAS AWS EN EL PRODESO FCAW

DESIGNACION AWS	ESPECIFICACION (MATERIAL DE APORTE)
A5.9	Aceros Inoxidables TIG/MIG-MAG/FCAW
A5.20	Aceros al carbono FCAW
A5.22	Aceros al Cromo y al Cromo Níquel FCAW (Aceros Inoxidables)
A5.29	Aceros de baja aleación FCAW

EQUIPO

El equipo necesario para implementar este proceso es menos complejo y costoso comparado con otros procesos, como podría ser MIG-MAG y arco sumergido.

Los elementos necesarios son:

- Fuente de poder
- Alimentador
- Pistolas de soldar o antorcha
- Fuente de gas (en caso de ser necesario)

Fuente de poder

Que puede ser de voltaje constante (CV) o de corriente constante (CC). Las

primeras usadas para proceso MIG-MAG mientras que las segundas son los rectificadores de uso común para el proceso por arco manual. El tipo de corriente que se debe usar es de corriente continua (CC)

Cuando se utiliza alambres tubulares autoprottegidos, se denomina proceso de arco abierto, que utiliza maquinas de soldar que se clasifican según el siguiente cuadro

FUENTE DE PODER	ALIMENTADOR DE ALAMBRE
VOLTAJE CONSTANTE	VELOCIDAD CONSTANTE
	VELOCIDAD VARIABLE
AMPERAJE CONSTANTE	VELOCIDAD VARIABLE

El proceso de arco abierto requiere que la fuente de poder tenga un alto ciclo de trabajo para un alto amperaje. Como mínimo para voltaje o amperaje constante en la fuente de poder el amperaje debe ser de 400 A con un ciclo de trabajo de 60%, mientras la fuente de poder tenga mayor capacidad (mayor amperaje a un ciclo de trabajo estándar como 60%) permitirá:

- Trabajar con alambres tubulares de mayor diámetro
- Incrementar la capacidad de trabajo del Equipo
- Mayor vida útil de la fuente de poder
- Las mejores características de soldabilidad se obtendrán con una fuente de poder de voltaje constante.

En nuestro mercado actualmente existen maquinas de soldar multiproceso, en donde se puede seleccionar trabajar como: Fuente de poder de voltaje constante

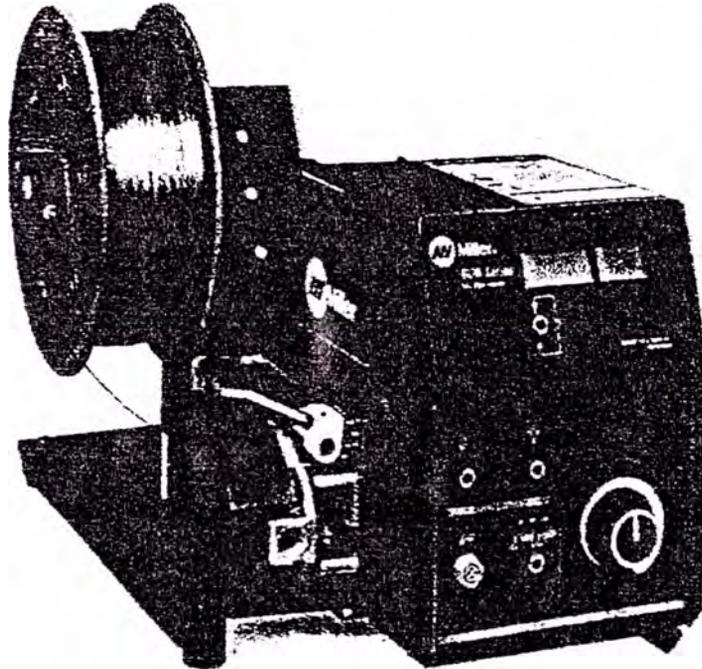
o fuente de poder de amperaje constante.

Alimentador de alambre

El alimentador de alambre, es el dispositivo que como su nombre lo indica, nos permite suministrar el material de aporte, en forma continua y a la velocidad requerida, durante el proceso de soldadura FCAW.

Los Alimentadores de alambre tubular de velocidad constante los encontramos en todas las maquinas de soldar para proceso MIG-MAG.

Los alimentadores de alambre tubular de velocidad variable pueden instalarse a ambas fuentes de poder, las mejores características de soldabilidad se obtiene con voltaje constante. El sistema para alimentar el alambre consta de un motorreductor de velocidad variable, que conectado a un juego de rodillos tiene la finalidad de impulsar el alambre dentro de una guía flexible que en su extremo lleva la pistola de soldar. Adicionalmente contiene una válvula solenoide que permite el paso de gas protector cuando lo requiere. Se complementa lo descrito con el receptor del carrete de alambre y el tablero de control.



ALIMENTADOR S64M

.CARACTERÍSTICAS PARA UN BUEN ALIMENTADOR DE ALAMBRE

Debe de poseer las siguientes características:

- Robustez de la carcasa
- Amperímetro y Voltímetro para poder regular parámetros
- Trabajar con diferentes diámetros de alambre
- Instalación de alambre en diferentes presentaciones
- Posibilidad de instalar gas de protección

- Poco peso
- Fácil acceso a sus circuitos para su mantenimiento
- Repuestos comerciales (pistola, rodillos etc.) y soporte técnico

Pistola o Antorcha

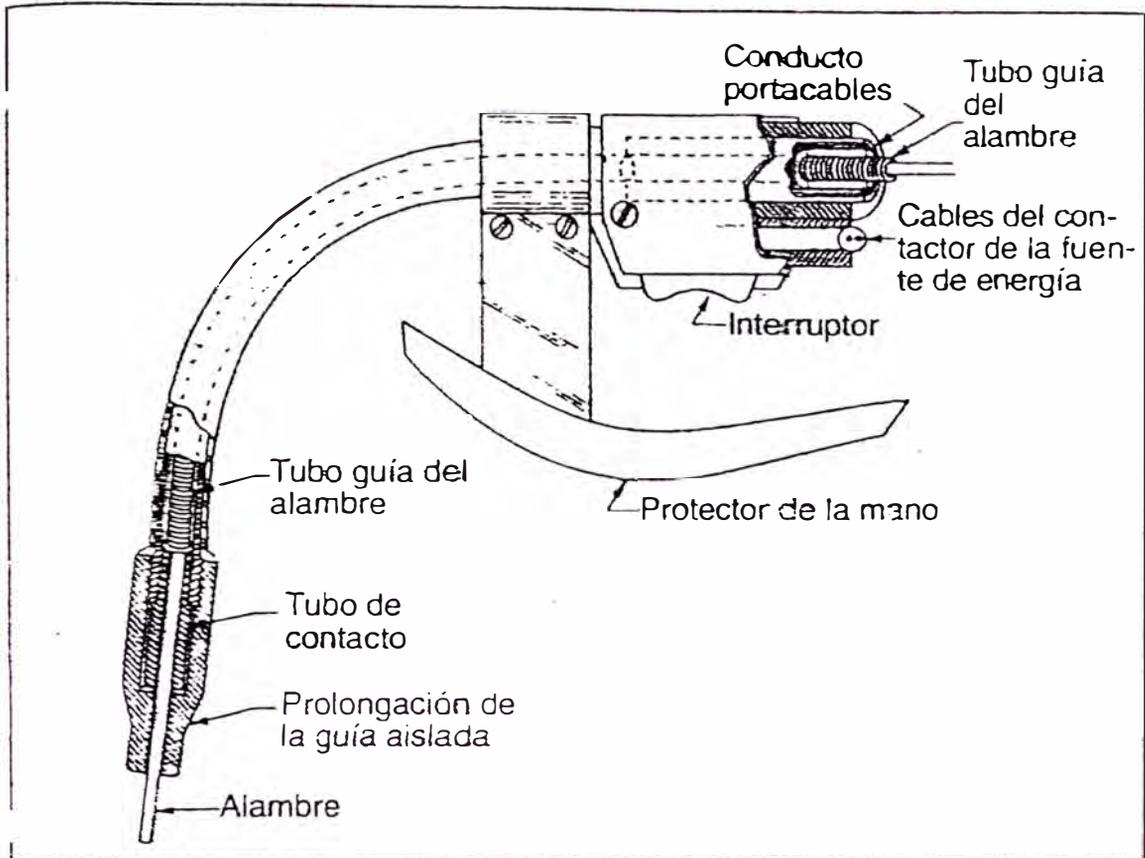
Las pistolas están diseñadas anatómicamente para una fácil manipulación y buena duración. La electrificación del electrodo se produce en la pistola. La corriente para soldar y la alimentación del alambre está controlado por el switch que esta en la pistola. Las pistolas de soldar pueden ser refrigeradas por agua o por aire. Las pistolas refrigeradas por aire son mas sencillas porque no requieren de conductos de pase de agua y son mas compactas y ligeras y requieren menos mantenimiento.

Las pistolas refrigeradas por agua soportan corrientes mayores. Su capacidad llega hasta los 60 A de trabajo continuo.

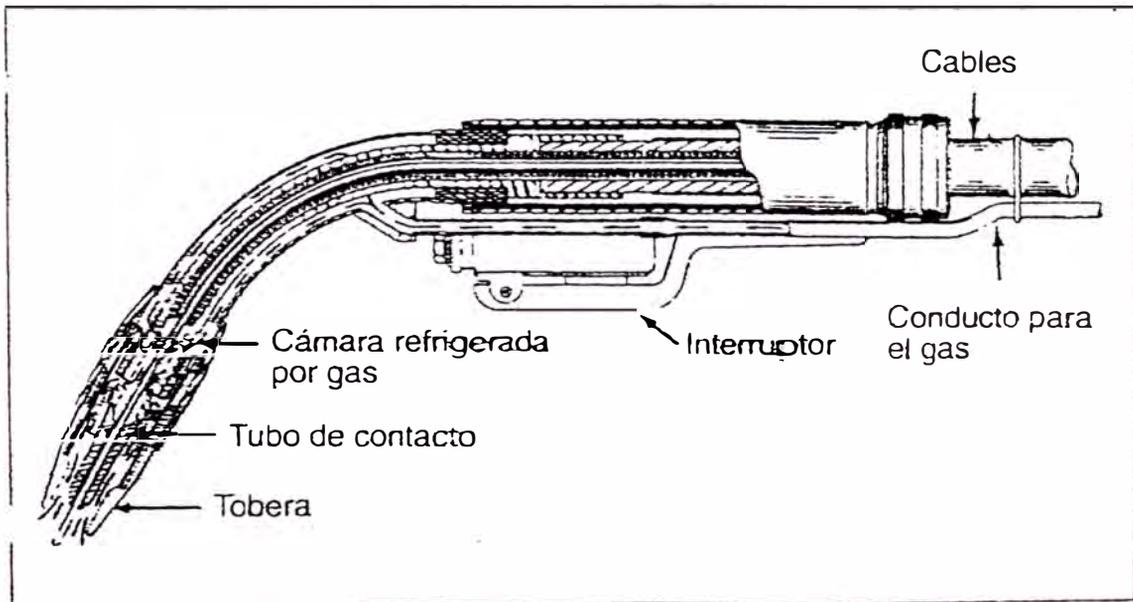
Consta de las siguientes partes:

- Electrodo
- Boquilla guía
- Tubo de contacto
- Tubo guía de alambre
- Protector de la mano
- Interruptor
- Conducto portacables
- Cables de control remoto

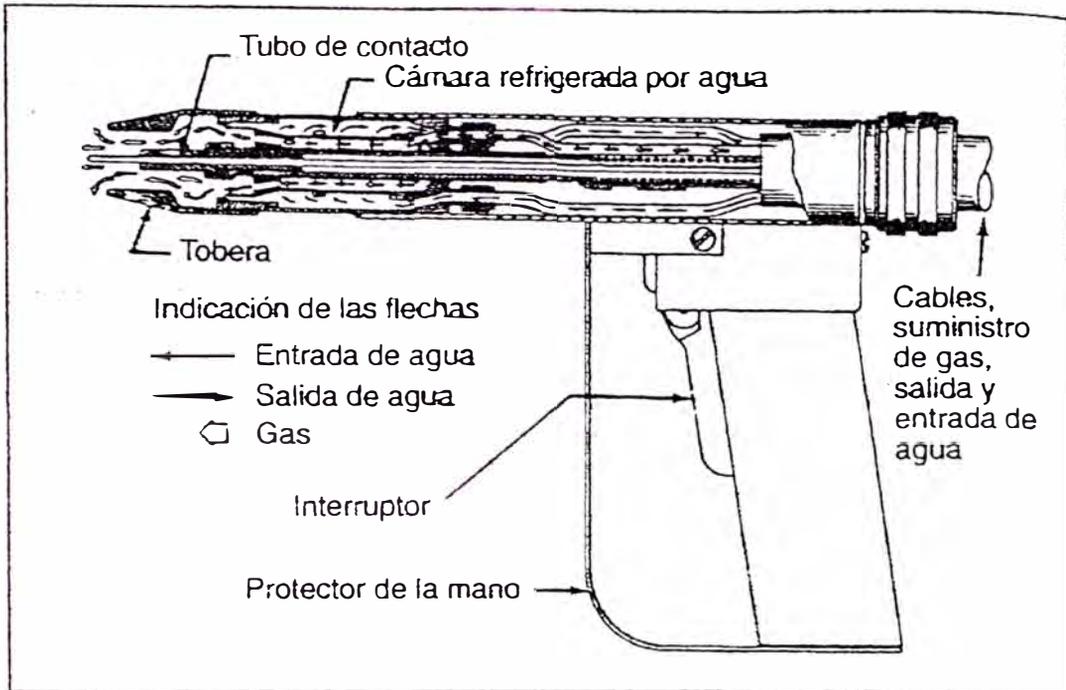
Las pistolas típicas para el proceso open arc se muestran en las siguientes figuras:



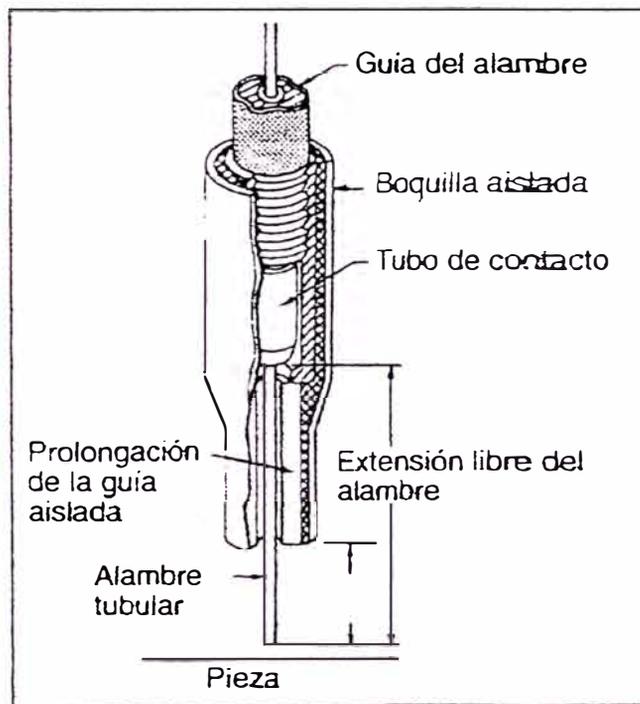
PISTOLA PARA SOLDEO CON ALAMBRE AUTOPROTEGIDO



PISTOLAS PARA EL SOLDEO CON PROTECCIÓN DE GAS



PISTOLAS PARA EL SOLDEO CON PROTECCIÓN DE GAS



Boquilla para Alambres Autoprottegidos

Fuente de gas

En caso de usar consumible que requiera protección gaseosa se deberá contar con la fuente de gas (generalmente balones), reguladores y medidores de caudal. Cuando se trabaja con CO₂ puede haber un congelamiento en los reguladores debido al paso rápido de gas. Para corregir esto se debe de tener a disposición calentadores para ser conectados a los reguladores.

GASES

Cuando el consumible lo requiere se utiliza gas de protección. Este gas se puede presentar en dos formas:

- Dióxido de carbono (CO₂)
- Mezcla de gases

El dióxido de carbono es el más usado de los dos. Sus principales ventajas sobre la mezcla de gases son su menor costo y su mayor penetración.

La mezcla de gases no es muy frecuente, pero su uso mejora el acabado y reduce la oxidación. La mezcla más común es 75% argón 25% CO₂. La soldadura hecha con esta mezcla tiene generalmente mayores esfuerzos de tracción y fluencia que si se hubiera usado el 100% de CO₂.

Polaridad

Por lo general, la polaridad en proceso de alambre tubular protegidos por gas y autoprotegidos se emplea corriente continua, polaridad invertida (Electrodo positivo)

Amperaje

La corriente es proporcional a la velocidad del alambre seleccionado, para un determinado diámetro, tipo de electrodo y longitud libre de alambre.

Manteniendo los otros parámetros constante, el cambio de amperaje producirá:

- Incremento de amperaje
- Excesiva corriente
- Insuficiente amperaje
- Incremento de la velocidad de deposición
- Mayor penetración
- Cordón excesivamente convexo
- Transferencia deficiente
- Excesivo contenido de nitrógeno y porosidad en el metal depositado.

A medida que la corriente aumenta o disminuye por modificación de la velocidad de alimentación, el voltaje debe ser corregido para mantener una relación óptima voltaje amperaje. Para una velocidad de alimentación constante, si la longitud libre de alambre aumenta, la corriente deberá disminuir y viceversa.

Voltaje

El voltaje determina la longitud de arco, para un valor de corriente determinado produce el mejor arco. Un voltaje excesivamente alto puede producir un cordón muy corto y ancho.

En el caso de alambres sin protección gaseosa, un excesivo voltaje puede traducirse en una excesiva presencia de nitrógeno en el cordón de soldadura.

Un voltaje muy bajo puede ocasionar un cordón muy angosto y alto con reducida penetración.

Longitud libre de Electrodo (Stick-Out)

La porción libre de electrodo desde el punto de contacto en la boquilla hasta el arco es llamada longitud libre o stick-out. Esta longitud libre es calentada por el paso de corriente durante el funcionamiento. Este calentamiento afecta el comportamiento del relleno del flux, que incide en la cantidad de metal depositado, penetración y estabilidad del arco.

A mayor longitud libre de alambre encontramos un arco inestable y mayor presencia de salpicaduras. A menor longitud libre de alambre se podrá tener una excesiva longitud de arco, lo cual podría ocasionar una falta de penetración.

Como recomendación practica se puede decir que para electrodos sin protección gaseosa se debe tener una longitud libre entre $\frac{3}{4}$ " a $3\frac{3}{4}$ " (19 a 95 mm), dependiendo del diámetro de alambre y de la aplicación.

Velocidad de avance

La velocidad de avance es controlada por el operador. Según el control de la velocidad se afecta la penetración y la forma del cordón. A mayor velocidad de avance se tendrá menor penetración y viceversa.

CAPITULO 6
APLICACIÓN DEL PROCESO SMAW AL REFUERZO
DEL LAMPON DEL TRACTOR D6R

6.1 Recuperación de lampon por medio de soldadura por arco eléctrico con electrodos revestidos/ Lampon (Hojas topadoras)

El caso seleccionado para el presente trabajo, es el de cambiar las planchas del lampón (HOJA TOPADORA) de un tractor CAT D6R, los tractores realizan trabajos de movimiento de tierra, corte, acumulación de materiales, etc., por lo cual el lampón que es el elemento que realiza la función de empujar los diferentes tipos de materiales (tierra, rocas, piedra fracturada, etc.) es el elemento que está sometido a desgaste por fricción e impacto con los diversos materiales con los que trabaja. El lampón tiene una plancha de acero aleado sobre la base del mismo, y es esta plancha junto con las cuchillas y cantoneras de lampón, los elementos que sufren desgaste.

El elemento a recuperar es la hoja topadora de un tractor D6R, que por su tamaño y peso es un componente que se tiene que recuperar en la zona de

trabajo.

El proceso a utilizar debe tener un equipo que sea portable y permita ser llevado a la zona de trabajo

El soldador debe conocer y dominar el proceso de recargue, en nuestro medio se cuenta con soldadores calificados en la técnica de soldadura con electrodos revestidos. Soldadores calificados en procesos MIG-MAG o Arco Sumergido son escasos.

Por estas consideraciones utilizamos el proceso de recargue por medio del método de arco eléctrico y electrodo revestido, que reúne las condiciones para un trabajo de este tipo.

El desgaste de las planchas se mide por medio de la Especimetría; cuyo objetivo es medir con ultrasonido el espesor de la pared metálica y no metálica, desde 0.01" a 12" identificando el grado de corrosión y desgaste en el material.

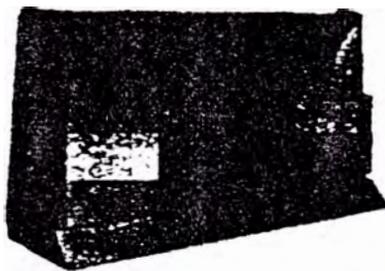
Este servicio de medición es generalmente utilizado en equipos sofisticados, como por ejemplo bombas de materiales altamente abrasivos del relave en una planta concentradora de minerales; o en equipos de molienda de minerales, como los Molinos SAG, de uso en la gran minería, utiliza instrumento de medición como el Panametrics que detecta por ploteo continuo en superficies exteriores la presencia de la corrosión o erosión interna. Son instrumentos de propagación de onda ultrasónica al material a medir donde se debe calibrar la velocidad de propagación de onda. Estas mediciones se registra en memoria de datos y se lleva un seguimiento con software u hoja de cálculo, a fin de determinar la incidencia de pérdida de espesor.

En el caso de un tractor, por los elevados costos de este servicio (se alquila el servicio pagándose por punto de medición), no justifica llevar un control de este tipo, por lo general se estima el tiempo de horas efectivas de trabajo que lleva la máquina y se hacen inspecciones visuales de los elementos a fin de apreciar el estado de las mismas. Según el régimen de trabajo y el tipo de material con el que se trabaja, la vida útil de estas planchas varían, y por lo general, se cambian, al apreciarse por observación directa los síntomas de desgaste sobre la superficie de la plancha.

LAMPON (HOJAS TOPADORAS)

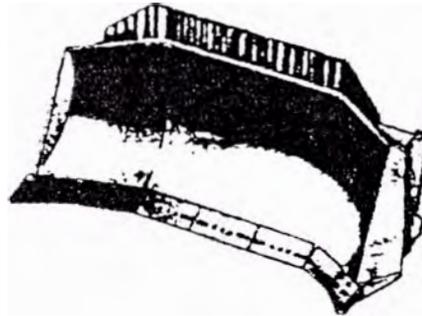
Las hojas topadoras o lampón son los elementos encargados de empujar el material en el tractor, en el mercado existen diversos tipos de acuerdo al modelo de tractor y al tipo de trabajo¹. A continuación se detalla:

HOJAS RECTAS (S). - La hoja recta es la más adaptable de todas. Como es más pequeña que la hoja “U” o “SU” es más fácil de maniobrar, y puede empujar una gran variedad de materiales, y puesto que su relación de kw/metro de cuchilla es mayor que en la hoja “U” o “SU” tiene mejor penetración, y recoge buenas cargas. El ángulo de ataque ajustable controla la penetración de la hoja

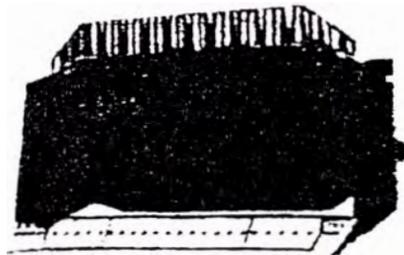


¹ Para mayor información Véase Manual de Rendimiento Caterpillar pag. 1-27 al 1-47

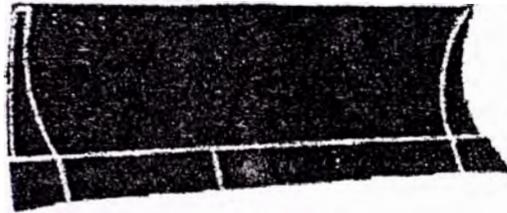
HOJAS UNIVERSALES. (U). - Los amplios flancos de esta hoja incluyen una cantonera y por lo menos una sección de cuchilla que facilitan el empuje de grandes cargas a largas distancias como en trabajos de recuperación de terreno, apilamiento, alimentación de tolvas y amontonamiento para cargadores. Como no tiene muy buena penetración por su menor relación de kw/metro de cuchilla que la hoja S o SU, la penetración no debe ser el factor primordial. Sus flancos de 25° aumentan su capacidad y disminuyen los derrames



HOJAS SEMIUNIVERSALES (SU). - Combinan la buena penetración de la hoja recta y la mayor capacidad de carga de la hoja universal con sus flancos de 25°. Tiene mayor capacidad por habersele añadido alas cortas que incluyen solo las cantoneras. Las alas mejoran la retención de la carga y permiten conservar la capacidad de penetrar y cargar con rapidez materiales muy compactados.



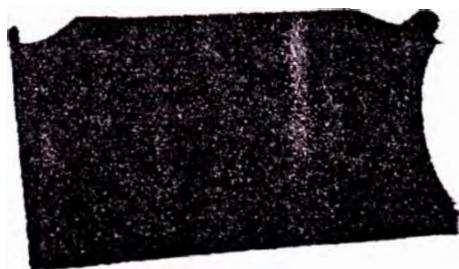
HOJAS ORIENTABLES (A). - Se puede situar en posición recta o en ángulo de 25° a derecha o izquierda. Esta diseñada para derrame lateral de material, corte inicial de caminos, rellenos, apertura de zanjas y otras tareas similares. Puede reducir las maniobras necesarias para hacer estas tareas. Su bastidor en “C” se utiliza para accesorios de empuje, desmonte de tierra o retirada de nieve.



HOJAS ORIENTABLES E INCLINABLES A POTENCIA (PAT).

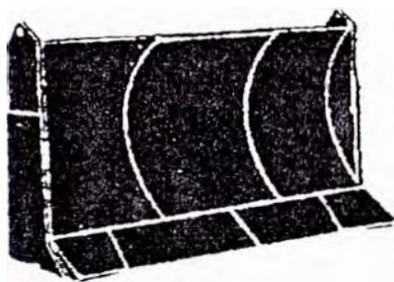
Proporcionan mayor versatilidad para nivelación de acabado, excavación de zanjas en V. La versatilidad es la característica principal de esta hoja al poder realizar una gran variedad de trabajos desde desarrollos de sitios hasta trabajo general de empuje y aplicaciones de servicio pesado.

La hoja PAT (orientable e inclinable a potencia con cuchilla variable) puede inclinarse mecánicamente hacia delante para obtener mejor penetración o para desmenuzar material pegajoso o hacia atrás para conseguir mayor productividad y facilitar el nivelado de acabado



HOJA "C". - Esta hoja amortiguada se usa para el empuje y carga de traíllas sobre la marcha. Los tacos de caucho absorben los impactos al hacer contacto con el bloque de empuje de la traílla. Es también útil en conservación y en trabajos generales de empuje.

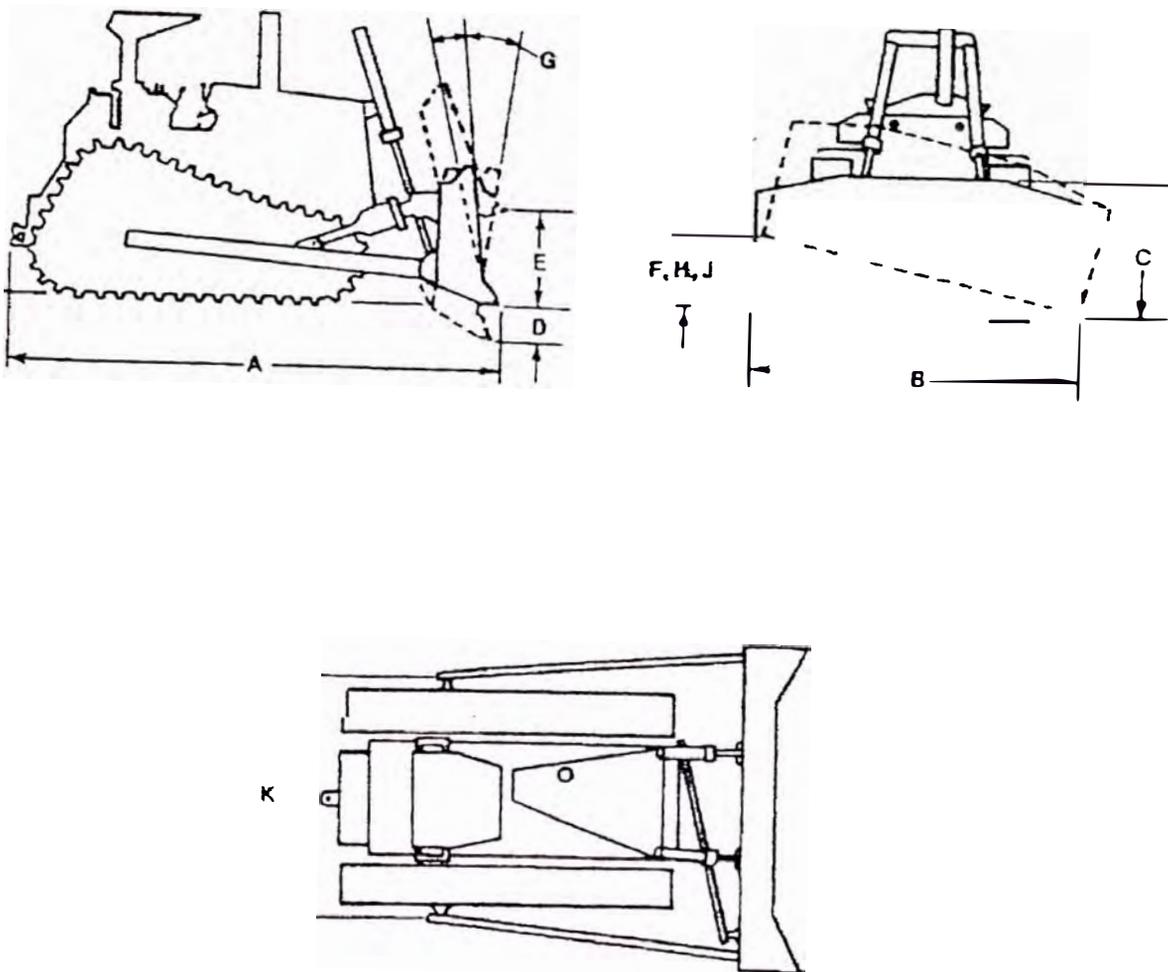
El bastidor en C estrecho aumenta la maniobrabilidad de la maquina en zonas de corte congestionadas y reduce el riesgo de dañar los neumáticos como con las hojas SU y U.



Los diferentes tipos de hojas a su vez se clasifican en: ESTÁNDAR, XR, XL, IG, LGP, de acuerdo al tamaño y capacidad de la hoja.

A continuación se presenta un esquema demostrativo para observar las dimensiones características del tractor y la hoja topadora.

GRÁFICA DE LAS DIMENSIONES DEL TRACTOR Y LA HOJA TOPADORA

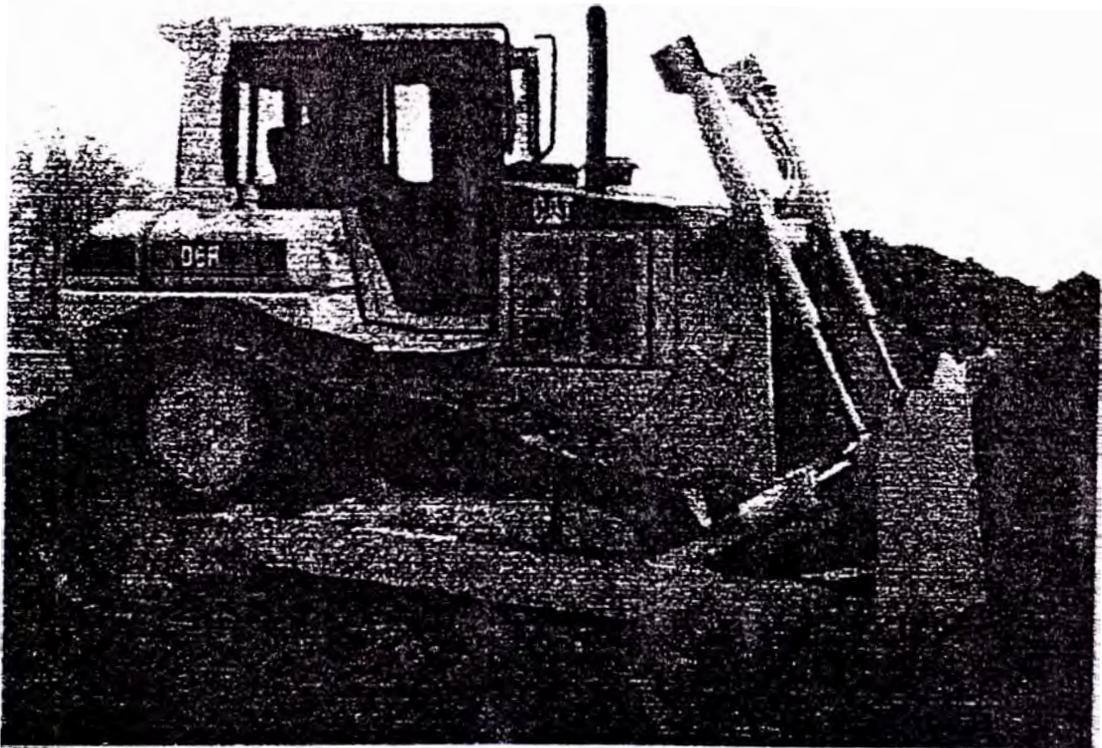
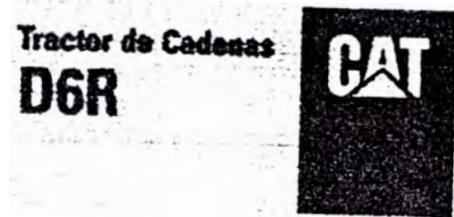


Para un tractor D6R el tipo de hoja que usualmente utiliza, es la orientable (A)

XR, que tiene las siguientes medidas:

TIPO 6A	Trabajo pesado orientable
Capacidad de la Hoja	3.93 m ³
Peso de Embarque (Hoja)	3218 Kg.
<i>Dimensiones del tractor con la hoja:</i>	
A Longitud (hoja Orientada)	6.05 metros
Ancho (Hoja Orientada)	3.78 metros
<i>Dimensiones de la Hoja:</i>	
B Ancho (con cantoneras estándar)	4.16 metros
C Altura	1155 mm
D Prof. max. de excavación	506 mm
E Espacio libre sobre el suelo	1141 mm
Levantada completamente	
F Inclinación Manual	408 mm
G Ángulo max. de ataque	-----
H Inclinación Hidráulica max.	408 mm
Orientación de la hoja	25°
J Inclinación Hidráulica	-----
Tirante centrado	
K Ancho del muñón de los brazos de	2.47 metros
Empuje (al centro del muñón)	

TRACTOR DE ORUGAS CATERPILLAR D6R



6.2. Selección de la Máquina de Soldar

Para seleccionar una máquina de soldar se debe tener en cuenta el tipo de trabajo que se va a realizar, el material con el que se va a trabajar y las condiciones de trabajo. Para realizar trabajos de recarga duro en elementos

sometidos a desgaste en maquinaria pesada se debe de considerar los valores de amperaje, tensión y ciclo de trabajo que nos permita soldar elementos cuya composición química es de aceros aleados por lo general y requieren de un amperaje alto, con ciclos de trabajo sobre el 60%. Otro elemento a considerar es el tipo de electrodo a utilizar que nos permite determinar el tipo de corriente a utilizar (corriente continua o corriente alterna) y la tensión de trabajo, pues hay electrodos que por su composición química no permiten trabajar con corriente alterna (por ejemplo los electrodos básicos)

De acuerdo a los valores de Amperaje y tensión necesario para realizar la recuperación de elementos sometidos a desgaste, el tipo de electrodo que se utiliza para estos trabajos, que a continuación se detalla, se selecciona la maquina de soldar, para nuestro caso es el siguiente:

MATERIAL DE BASE	Aceros de baja aleación
PROCESO	Reconstrucción o Protección
TECNICA	SMAW
TENSIÓN DE TRABAJO	25 Voltios
ELECTRODO	Básico - Rutilico
AMPERAJE	90 – 200 Amperios
CICLO DE TRABAJO	60%

En el cuadro siguiente, se tiene una variedad de maquinas, del cual se selecciona la requerida, que es la que tiene los valores de amperaje, ciclo de trabajo y tensión requeridas para trabajos en maquinaria pesada.

Las maquinas detalladas en el siguiente cuadro son las utilizadas para el proceso arco eléctrico con electrodo revestido, que son mencionadas como referencia, pero no se utilizara estas maquinas sino que como parte del trabajo consiste en la comparación de este proceso con el proceso Alambre Tubular (FCAW), se incluirá después del cuadro de maquinas de soldar, un equipo multiproceso, que son maquinas de soldar modernas, conocidas como INVERSOR las cuales permiten soldar diferentes procesos (SMAW, FCAW, MIG-MAG).

LA MAQUINA DE SOLDAR TIENE LAS SIGUIENTES CARACTERISTICAS

DATOS TECNICOS	Láser	Láser	Láser	Láser	Láser
	190 (B.C) ^o	200	250	300	450
Alimentación Trifásica V (1)	220/380	220/380	220/380	220/380	220/380
Corriente máxima absorbida A	25/15	37/21	47/27	56/32	80/46
Potencia nominal KvA	6	9	11	12.5	18
Campo de regulación A	35-190	20-200	20-250	20-330	25-450
Numero de posiciones de regulación puntos	1x10	2x10	2x10	3x10	6x10
Tensión secundaria en vacio V	50	75	75	75	80
Corriente max. en soldadura A	190	200	250	330	450
Peso Kg	65	75	80	100	140
Ciclo de trabajo(2) 25%	190 A	200 A	250 A	330 A	450 A
40%	150 A	160 A	200 A	260 A	355 A
60%	123 A	124 A	160 A	213 A	290 A
100%	95 A	100 A	125 A	165 A	225 A
^o Bajo consumo, (1)Otras tensiones consultar					
(2) Norma en 60974-1					

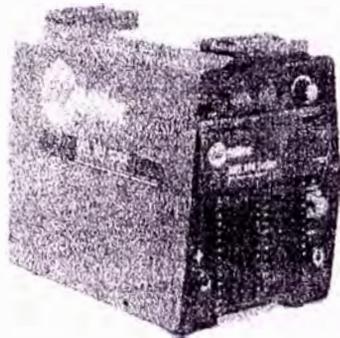
El modelo a seleccionar de la tabla anterior seria el LÁSER 450, por cumplir con los requisitos de tensión, amperaje y ciclo de trabajo requeridos para el recargue de soldadura por el proceso de arco eléctrico con electrodo revestido

Para efecto comparativo con otra técnica de recargue duro por medio de soldadura se escoge como alternativa el proceso de arco eléctrico con electrodo tubular (FCAW), para poder comparar ambos procesos se necesita utilizar una maquina multiproceso que permita soldar tanto en el método SMAW como el método FCAW.

En la actualidad, en nuestro medio se esta implementando el uso de maquinas de soldar INVERSOR, las que tienen grandes ventajas con respecto a las maquinas de soldar convencionales, en cuanto a capacidad de uso en multiproceso y en el peso bruto del Equipo (una maquina de soldar convencional pesa alrededor de 120 kg, una maquina Inversor pesa aproximadamente 35 kg), lo que permite tener una gran maniobrabilidad de transporte. Esto se debe básicamente al empleo del circuito integrado en la transformacion de la corriente (amplitud y frecuencia), y no utilizar el núcleo de hierro que se emplea en las maquinas de soldar convencionales. El permitimos utilizar la maquina Inversor en procesos múltiples nos facilita el poder soldar una gran variedad de metales (tanto ferrosos como no ferrosos) , utilizar procesos manuales y semiautomáticos (como complemento del Equipo tiene alimentadores de alambres para uso tanto en el proceso MIG-MAG y el proceso FCAW) y conexiones para el empleo de gases de protección.

El empleo de maquinas Inversor en la industria minera y en la construcción civil permite ahorrar costo por flete en transporte de equipos convencionales cuyo peso supera ampliamente a las maquinas Inversor.

La maquina Inversor necesaria para utilizarla en recubrimiento duro y que permite el uso de la técnica SMAW y FCAW y además existe en el mercado nacional es la siguiente:

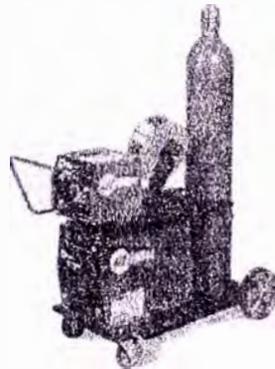


XMT 304

Fuente de poder de
Soldadura al arco
Tipo: INVERSOR DC

PROCESOS DE SOLDADURA:-

- ELECTRODO REVESTIDO (SMAW)
- MIG – MAG Corriente no pulsada. (GMAW)
- Diámetro de alambre recomendado:
 - estructural de 0,8 hasta 1,2 mm
 - acero inoxidable de 0,8 hasta 1,2 mm
 - aluminio de 1,0 hasta 1,2 mm
 - alambre tubular hasta 2,0 mm
- MIG Pulsado (opcional) (GMAW-P)
- TIG Corriente no pulsada (GTAW)
- TIG Pulsado (opcional) (GTAW-P)
- ALAMBRE TUBULAR (FCAW)
- CORTE Y ACANALADO con carbón-aire (CAC-A)
Con electrodo de carbón hasta 5 mm.



El XMT 304 combina las ventajas de una fuente de poder basado en tecnología inversor con las características y productividad de una máquina MIG. El compacto y liviano XMT 304 provee la portabilidad donde sea que lo necesite. La característica única AutoLink® permite automáticamente alinear la fuente de poder a la tensión primaria de entrada.

Están disponibles dos modelos del XMT 304, en CC ó CC/CV, para cubrir las necesidades de aplicación de sus procesos de soldadura.

Características

Entrada de potencia monofásica ó trifásica.
Clase I según NEMA
Control de fuerza de arco
Cable de alimentación 3 m.
Garantía Miller's True Blue: 3 años.

Nota: El rectificador principal original es garantizado por 5 años.

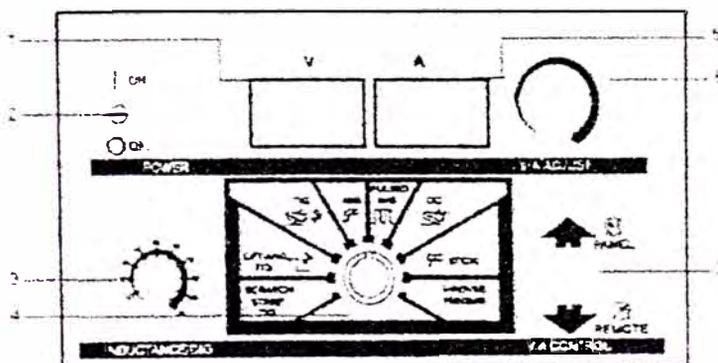


CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Alimentación		Auto ajustable a la tensión de red 220 a 460 VAC Adaptable a red trifásica ó monofásica
CC	Rango de corriente Tensión de vacío	5 - 400 A 90 VDC
CV	Rango de voltaje	10 - 35 VDC
Ciclo de trabajo		Trifásico : 300 A al 60 % Monofásico: 225 A al 60 %
Consumo de corriente en trifásico a 300 A		230 V 30.5 A 400 V 17.0 A 460 V 18.9 A
Consumo monofásico a 225 A		230 V 47.4 A
Peso		34.5 kg.

XMT 304 CC/CV PANEL DE CONTROL

- 1.- Voltímetro
- 2.- Interruptor ON/OFF
- 3.- Control de fuerza de arco e inductancia.
- 4.- Selector de proceso.
- 5.- Amperímetro.
- 6.- Control de ajuste del voltíamperímetro.
- 7.- Interruptor de control V/A



El equipo a usar para la recuperación con soldadura es la maquina de soldar

XMT- 304 marca **MILLER**. Para el proceso SMAW y FCAW

6.3 Selección de las Planchas de Acero

Los elementos sometidos a desgaste por abrasión e impacto en máquinas pesadas son piezas hechas de aceros de baja aleación, que básicamente son aceros al carbono que se le agrega elementos como Cromo, Manganeso, Molibdeno, Vanadio, Silicio, Níquel y aluminio, que permite mejorar algunas propiedades del acero, como la resistencia al desgaste, resistencia a temperaturas de hasta 600°C, dureza etc. El contenido total de elementos de aleación no es mayor al 5%, si pasa de este porcentaje se considera al acero como de alta aleación.

De lo anterior se determina que el material base en los elementos sometidos a desgaste por abrasión e impacto es por lo general aceros de baja aleación, los cuales permiten el empleo de planchas de acero existentes en el mercado y compatibles en su composición química que nos permite mantener e incluso mejorar sus propiedades mecánicas.

En resumen, la composición química de los aceros es un factor determinante en las propiedades mecánicas, físicas y metalúrgicas de cada material. En cuanto a la soldabilidad, existen aceros de muy buena soldabilidad y aceros de baja soldabilidad, por eso es necesario conocer el material base para decidir lo siguiente:

- Si el material es apto para soldadura, o no es apto
- Si es necesario precalentar o no, y si es necesario a que temperatura
- El proceso de soldadura, el tipo de junta, el material de aporte, el

procedimiento de trabajo.

Para realizar los trabajos de recuperación de estos elementos se va a utilizar planchas de acero que cumplan con tener características acorde con los elementos a recuperarse, como es su alta resistencia a la abrasión e impacto, y ser un material soldable por el proceso de arco eléctrico con electrodo revestido. Seleccionamos según el caso del elemento a recuperar los aceros aleados de alta resistencia, templados y revenido que corresponden a las especificaciones ASTM A 514 Y A 517 (como por ejemplo para reconstrucción de cucharones de scoops, cargador frontal, etc.). ó aceros estructurales al carbono como el ASTM A 36 (como ejemplo para uñas).

NORMAS TÉCNICAS: ASTM A 569, ASTM A36-96, ASTM A283-93 a grado C.

COMPOSICION QUÍMICA (%):

ELEMENTOS	ASTM A569	ASTM A36-96	ASTM A283-93a Grado C.
C	0.15 máx.	0.25 máx.	0.24 máx.
Mn	0.60 máx.	0.8 – 1.20 (e >3/4)	0.90 máx.
P	0.035 máx.	0.040 máx.	0.035 máx.
S	0.035 máx.	0.050 máx.	0.040 máx.
Si	-	0.40 máx.	0.40 máx.

PROPIEDADES MECANICAS:

CALIDAD	NORMA	LIMITE DE FLUENCIA (Kg/cm ²)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Kg/cm ²	ALARGAMI ENTO %	DOBLA DO A 180°
COMER CIAL	ASTM A569	- 2550	- 4080	-	SIN FISURA
ESTRUC TURAL	ASTM A36 ASTM A283	Min. 2090 Min.	5610 3870 5240	20Min 20 Min.	SIN FISURA

COMPOSICIÓN QUÍMICA ASTM A514

Composición Química (%)	GRADO A	GRADO B	GRADO E	GRADO F
Carbono (Máximo)	0.15/0.21	0.12/0.21	0.12/0.20	0.10/0.20
Manganeso	0.8/1.10	0.7/1.0	0.4/0.7	0.6/1.0
Fósforo (Max)	0.0350	0.0350	0.0350	0.0350
Azufre	0.0350	0.0350	0.0350	0.0350
Silicio	0.40/0.80	0.20/0.35	0.20/0.40	0.15/0.35
Cromo	0.50/0.80	0.40/0.65	1.40/2.0	0.40/0.65
Níquel	-	-	-	0.70/1.0
Molibdeno	0.13/0.28	0.15/0.25	0.40/0.60	0.40/0.60
Cobre	-	-	-	0.15/0.50
Otros	0.05/0.15Zr(o Ce)	0.03/0.08V	0.01/0.1 Ti	0.03/0.08 V

	0.0025 B	0.01/0.03Ti 0.0005/0.005B	0.001/0.005B	0.005/0.006 B
--	----------	------------------------------	--------------	------------------

COMPOSICIÓN QUÍMICA ASTM A517

COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)	GRADO A	GRADO B	GRADO E	GRADO F
CARBONO (MAXIMO)	0.15/0.21	0.15/0.21	0.12/0.20	0.10/0.20
MANGANESO	0.8/1.10	0.7/1.00	0.4/0.7	0.60/1.0
FÓSFORO (MAX)	0.0350	0.0350	0.0350	0.0350
AZUFRE	0.0350	0.0350	0.0350	0.0350
SILICIO	0.40/0.80	0.15/0.35	0.10/0.40	0.15/0.35
CROMO	0.50/0.80	0.40/0.65	1.40/2.0	0.40/0.65
NIQUEL	-	-	-	0.70/1.0
MOLIBDEMO	0.18/0.28	0.15/0.25	0.40/0.60	0.40/0.60
COBRE	-	-	-	0.15/0.50
OTROS	0.05/0.15Zr (0 Ce) 0.0025 Máx. B	0.03/0.08V 0.01/0.03 Ti 0.0005/0.005 B	0.01/0.1Ti 0.001/0.005 B	0.03/0.08 V 0.005/0.006 B

6.4 Selección de los Electroodos

En la recuperación y protección de elementos sometidos a desgaste es muy importante la selección adecuada del material de aporte, dependiendo del material base que se tenga, lo que nos permitirá mantener o mejorar las propiedades mecánicas y metalúrgicas del elemento.

Para la selección adecuada del electrodo se debe de tener en cuenta lo siguiente:

- Proceso de soldadura a utilizar
- El material base del elemento a recuperar, para poder seleccionar el electrodo adecuado
- La zona donde se realiza el trabajo, para prevenir el almacenaje adecuado de los electrodos (se tiene electrodos que requieren su conservación a determinadas temperaturas por lo que se necesita de hornos eléctricos para guardarlos)

En el proceso SMAW, los electrodos revestidos son varillas construidas por un núcleo metálico y un revestimiento, la clase de revestimiento determina la calidad del metal depositado, como se explico anteriormente existen tipos de revestimiento elementales que son los siguientes:

1. Acido
2. Básico
3. Celulósico
4. Rutilico

Para la recuperación de elementos sometidos a desgaste por abrasión e impacto

en maquinaria pesada, se trabaja con aceros de baja aleación por lo que la selección del electrodo a utilizar debe de tener en cuenta este material base, que son aceros con alta resistencia a la abrasión e impacto, y por el proceso ha utilizar, en este caso el proceso SMAW.

El electrodo recomendado para este tipo de trabajo es el supercito 7018, este electrodo se utiliza en el pase de raíz y en los cordones subsiguientes de acuerdo al caso. Luego de unirse en metal base y para darle mayor protección al desgaste del elemento, se recubrirá por medio de venas con Citodur.

A continuación se detalla las características de los electrodos seleccionados.

Electrodo Supercito

Electrodo acero al C: Supercito Norma Aws/Asme:

A5: SFA 5.1: E7018-1

Homologaciones LRS-ABS-BV-DNV-GL-TUV

Supercito Norma AWS/ASME A5.1: SFA 5.1, E 7018 – 1	
Homologaciones LRS-ABS-BV-DNV-GL-TUX	
Características Y Aplicaciones	Electrodo muy resistente a la figuración, elevadas resiliencias, rendimiento aprox 115% gran penetración, cordones limpios, calidad de rayos X, aceros hasta 510 N/mm ² . Soldadura: Todas las posiciones excepto vertical descendente (VD)

Composición y valores mecánicos	Composición química C = 0.06 – 0.08
	Mn = 1.15 1.35 Si= 0.50 – 0.75
	S<0.03 PL. 0.3
	Propiedades Mecánicas R = 590 – 660 N/mm ² E = 510 – 560 N/mm ² A =20 – 30 Resistencia ISO – V a – 46°C >27J

Electrodo citodur

ELECTRODO CITODUR					
Electrodos	Citodur	Citodur	Citodur	Citomang	Toolcord
Oerlikon	350	R600	1000	AN	
Elemento de aleación en el deposito	C Mn Cr 2.9%	C Mn Cr 6.8%	C Mn Si Cr 36%	A S P Si Mn 13%	C Mn Si Mo Cr V
Dureza Rockwell C.	27 – 40	57-62	62-65	50-60 Autoendu recimiento	Con trata miento térmico

6.5 Temperatura de Pre calentamiento

Cuando se realiza recarga duro por medio de soldadura por arco eléctrico (puede ser con electrodos revestido, con alambres tubulares o con proceso

MIG-MAG), se genera grandes temperaturas de trabajo en la zona adyacente al cordón de soldadura, este cambio brusco de temperatura y el enfriamiento posterior de la unión soldada, produce las siguientes tendencias:

- **Desarrollar grietas.**- La humedad puede ser aportada al depósito de soldadura por el revestimiento de los electrodos o por el fundente. El hidrógeno generado, producto de la humedad aumenta la posibilidad de agrietamiento de la soldadura o de la zona afectada térmicamente.
- **Generación de tensiones por contracción.**- El metal de soldadura fundido se contrae a medida que se enfría, lo que aumenta la tensión entre el depósito de soldadura (en contracción) y el metal base más frío.
- **Porosidad.**- De nuevo el hidrógeno es culpable. La humedad puede estar presente en una superficie que no ha sido precalentada. Durante la soldadura el hidrógeno puede verse atrapado en el metal de soldadura y provocar porosidad a medida que se solidifica.
- **Desarrollo de zonas duras adyacentes a la soldadura.**- Algunas aleaciones de acero tienen la tendencia a endurecerse y agrietarse en la zona afectada térmicamente. Esto se debe a la alta velocidad de enfriamiento durante el proceso de soldadura.
- **Distorsiones.**- A medida que el depósito de soldadura se enfría, se contrae y desarrolla tensiones entre este y el material base adyacente más frío. Debido a ello el material base puede sufrir distorsión permanente.

El uso del precalentamiento reduce estas tendencias, el precalentamiento consiste en llevar la pieza a una temperatura determinada, antes de iniciar la

soldadura propiamente dicha.

Determinación de la Temperatura de Pre calentamiento

Para calcular la temperatura de pre calentamiento se debe de conocer la composición química del material base antes de seleccionar una temperatura de pre calentamiento adecuada. El contenido de carbono y de aleación del metal base son dos factores importantes que afectan la temperatura de pre calentamiento.

Normalmente a mayor contenido de carbono y/o de elementos de aleación, mayor será la temperatura de pre calentamiento. En el apéndice C y el apéndice D se muestran tablas de pre calentamiento para diferentes materiales base.

Determinados componentes pueden contribuir a incrementar la dureza de la zona soldada, como ocurre con el Mn y Si. Esto conduce a la determinación de una concentración teórica de C que produzca el mismo efecto fragilizante que el carbono mas todos los elementos que contribuyen a este endurecimiento local. Esta concentración ficticia se denomina "Carbono Equivalente"

Determinación del carbono equivalente:

El cálculo del carbono equivalente representa una manera de describir la composición química por medio de un solo número, a fin de mostrar la forma en que las variaciones de la misma influyen en el comportamiento del material.

Para el cálculo del carbono equivalente se utiliza la siguiente fórmula:

$$CE = C + \frac{Mn + Si}{6} + \frac{Cr + Mo + V + Ni + Cu}{5}$$

(Fórmula correspondiente al International Institute for Welding)

Para acero A514, tomamos los mayores valores para la composición química del A514 grado B, detallados en la siguiente tabla:

C=0.21	Si = 0.35	Ti = 0.03
Mn = 1.0	Cr = 0-65	B = 0.005
P = 0.0035	Mo = 0.25	
S = 0.035	V = 0.08	

Reemplazando valores se obtiene

$$CE = 0.631$$

Utilizando el diagrama de Graville (figura a), entrando con el %C y CE para A514 grado B, en nuestro caso %C = 0.21 y CE = 0.631, se determina la zona III = alto riesgo bajo toda condición.

CLASIFICACION DE ZONAS DE PRECALENTAMIENTO SEGÚN EL DIAGRAMA DE GRAVILLE

Zona I = Puede o no puede producir alta concentración de hidrogeno, por

seguridad se realiza precalentamiento para los aceros que caen en esta zona

Zona II = Aceros que no requieren precalentamiento

Zona III = Aceros de alto riesgo bajo toda condición, requieren de precalentamiento necesario

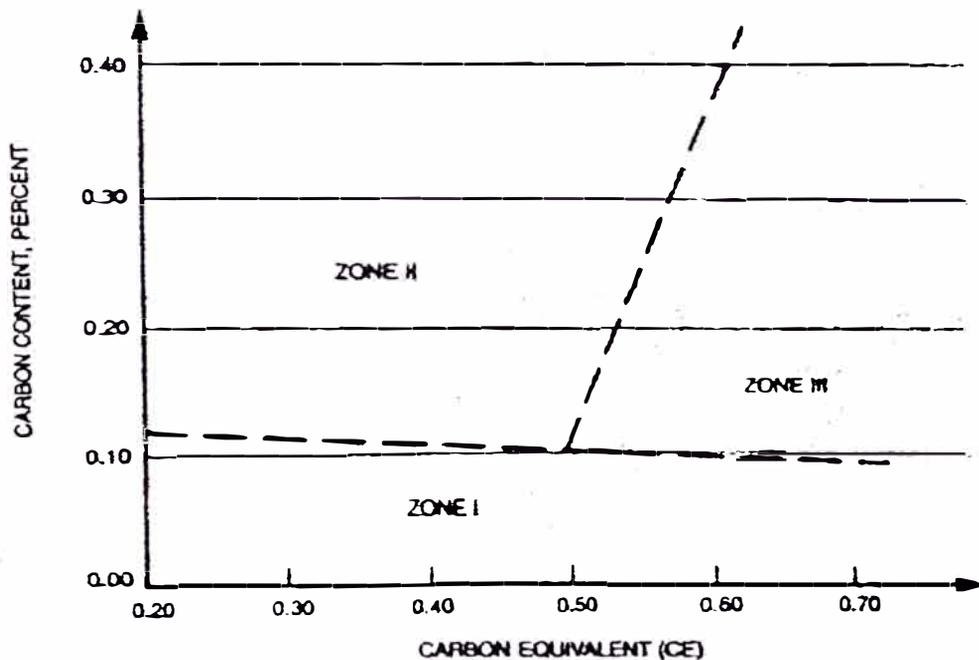


Figura a (Diagrama de Graville)²

A este tipo de acero se debe realizar un pre calentamiento en la zona de soldeo para evitar posteriores problemas a escala granular provocado por un enfriamiento a mayor velocidad por no tener precalentamiento. El

² Véase An American National Standary AWS Anexo XI pag. 267

precalentamiento implica una menor velocidad de enfriamiento del acero lo que equivale a un efecto de temple menos severo y como consecuencia de ello una menor introducción de tensiones internas.

Efectos de la temperatura de precalentamiento

- Modifica la micro estructura
- Promueve la difusión del hidrógeno al exterior.
- Modifica el nivel y distribución de tensiones residuales.

Cálculo de la temperatura de precalentamiento

Utilizando el Método de Seferian se tiene:

$$C = C_c + C_t$$

donde:

$$C_c = C + \frac{Mn+Cr}{9} + \frac{Ni}{18} + \frac{Mo}{13}$$

$$C_t = 0.005 \times \text{ex} \times C_c$$

Para aceros ASTM A514 se tiene los siguientes valores:

$$C = 0.21 \quad Mn = 1.0 \quad Cr = 0.65 \quad Ni = \text{no tiene} \quad Mo = 0.25$$

$$C_c = 0.413$$

Las planchas a utilizar en el ejemplo practico son de $\frac{1}{2}$ " de espesor, en la formula de C_t el espesor esta en milímetros. Reemplazando valores se tiene:

$$C_t = 0.005 \times 12.7 \times 0.413$$

$$C_t = 0.262$$

El valor del Carbono Equivalente seria:

$$CE = C_t + C_c$$

$$CE = 0.262 + 0.413$$

$$CE = 0.675$$

La temperatura de precalentamiento se determina con la siguiente formula:

$$T = 350 \sqrt{CE - 0.25}$$

$$T = 350 \sqrt{0.675 - 0.25}$$

$$T = 228 \text{ } ^\circ\text{C}$$

El 0.25 del radical es el limite por debajo del cual no es necesario precalentar

CUADRO DE RESUMEN DE LOS PARÁMETROS DE TRABAJO Y

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES PARA PROCESO SMAW

PARAMETROS	CARACTERISTICAS
AMPERAJE	90-160 A
CICLO DE TRABAJO	60%
POLARIDAD	INVERTIDA
PLANCHAS DE ACERO	ASTM A-514
ESPESOR DE PLANCHA	½ PULGADA
SOLDADURA	SUPERCITO 7018 CITODUR 600
TEMPERATURA PRECALENTAM.	228°C

6.6 Procedimiento de Soldadura-

Cuando se quiere recuperar un elemento sometido a desgaste por medio de soldadura con arco eléctrico se debe de tener en cuenta las siguientes consideraciones:

Lo primero que se debe de conocer es la composición química del material base. En nuestro caso el material base es la plancha de acero ASTM A514

Se debe de seleccionar el proceso a utilizar para la recuperación por medio de recargue duro El método de trabajo seleccionado en el presente informe es el proceso SMAW

Se determina los parámetros de trabajo de la maquina de soldar según el proceso seleccionado

Se selecciona el material de aporte. En el proceso SMAW el material de aporte esta en los electrodos revestidos, como se determino, el utilizado para nuestro caso es supercito 7018

Se determina si necesita o no precalentar la pieza. En el informe se utilizo el diagrama de Graville para verificar si es o no es necesario precalentar, y la temperatura de precalentamiento se determino por medio del método de Seferian

Se determina el tipo de junta que se va a utilizar para realizar el trabajo, luego se procede a preparar dicha junta

Por ultimo viene la secuencia de soldadura, es decir el proceso de recargue duro propiamente dicho.

A continuación se desarrolla cada paso descrito previamente:

1. - Determinar la composición química del material base

La composición química del material que se va a recargar o reforzar se obtiene por información proporcionada por los fabricantes de los equipos y por los fabricantes de planchas de acero. Para los elementos sometidos a desgaste por abrasión e impacto son fabricados con aceros aleados de alta resistencia y los materiales utilizados para su refuerzo es según ASTM A514 y su nombre comercial es plancha de acero T1. Su composición química se detalla a continuación para sus valores de porcentaje mas alto:

C=0.21	Si=0.35	Ti=0.03
Mn=1.0	Cr=0.65	B=0.005
P=0.0035	Mo=0.25	S=0.035
V=0.08		

Para el ejemplo de recargue duro de un lampon, el material base son las planchas de acero

2. – Selección del material de aporte (electrodo revestido) y determinación de los parámetros de la maquina de soldar

Para recargue de elementos sometidos a desgaste por abrasión e impacto se utiliza electrodos con recubrimiento básico, que son los que tienen en su composición los elementos de aleación necesarios para satisfacer las propiedades mecánicas (resistencia a la tracción, dureza, templabilidad, fragilidad) de los elementos a recargar o reforzar por medio del proceso SMAW

Se denominan estos electrodos de la siguiente manera:

Supercito 7018 de 5/32” de diámetro

Citodur 600 de 5/32” de diámetro

La maquina de soldar necesaria para trabajos de recargue en elementos de maquinaria pesada sometidos a desgaste, utilizando el proceso SMAW, deben de tener rangos de trabajo de amperaje, ciclo de trabajo y tensión de acuerdo al requerimiento de este proceso. Los valores del amperaje varían entre 90 a 200 A, el ciclo de trabajo como mínimo en 60%, para poder obtener cordones de soldadura con buenas características de acabado y penetración que requiere al utilizar electrodos revestidos básicos.

Para realizar la recuperación del lampon de un tractor D6R utilizando la técnica SMAW se selecciona una maquina que cumpla con estos valores para lo cual se escogió para nuestro caso, una maquina de soldar tipo INVERSOR marca MILLER modelo XMT 304, la cual es de multiproceso y nos permitirá comparar la recuperación del lampon utilizando otro proceso de recargue

3. - Determinar la temperatura de pre calentamiento

La temperatura de precalentamiento se determina utilizando el método de Seferian³

En primer lugar se determina el Carbono Equivalente

$$CE = C_c + C_t$$

En donde Cc es:

$$C_c = C + \frac{Mn+Cr}{9} + \frac{Ni}{18} + \frac{Mo}{13}$$

y Ct es:

$$C_t = 0.005 \times e \times C_c$$

En donde e es el espesor de la chapa en milímetros. Para el caso practico se utiliza plancha de ½" que es igual a 12.7 mm

Una vez determinado CE el valor de la temperatura de precalentamiento es:

$$T = 350\sqrt{CE - 0.25}$$

$$T = 350\sqrt{0.675 - 0.25}$$

$$T = 228^{\circ}C$$

Para la recuperación del lampon de un tractor D6R utilizando planchas de acero ASTM A514 de ½" se tiene que precalentar a 228°C

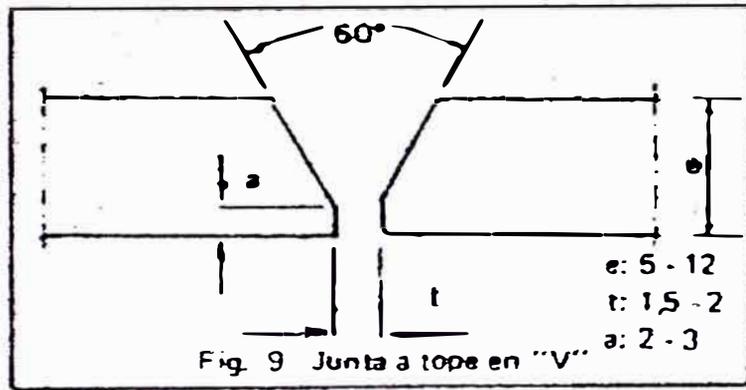
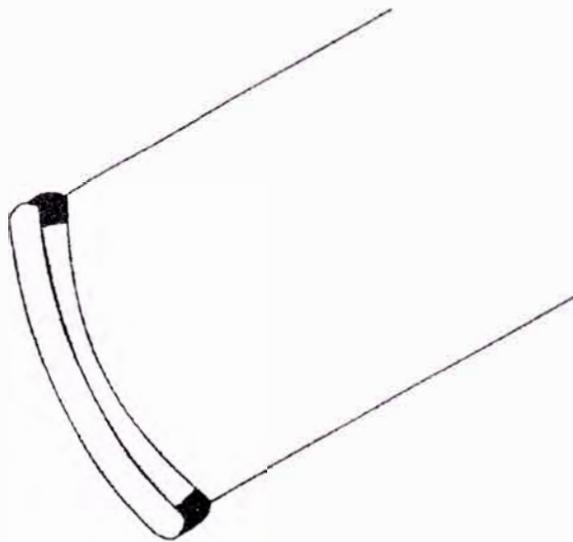
³ Soldabilidad y precalentamiento de los aceros. Autor Jose Novoa Belmonte pag. 103

4.- Preparación de la junta.

La finalidad de la preparación de la junta es asegurar la penetración deseada en la soldadura y facilitar la operación de soldar con miras a obtener una unión de excelente calidad.

Para la preparación de la junta se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Superficies limpias: Antes de soldar se debe de eliminar todo vestigio de grasa, aceite, polvo, oxido u otros materiales extraños. Si no se efectua una buena limpieza superficial antes de aplicar la aleación de recubrimiento, puede existir el riesgo de agrietamiento antes o después de poner en servicio la pieza, así como presentar porosidad el cordón de soldadura.
- Posición de soldeo: Para nuestro caso se tiene dos posiciones, horizontal y vertical
- Tipo de junta: Una cuestión de suma importancia en el trabajo de soldar por arco es la selección del mejor y adecuado tipo de junta a utilizar en cada aplicación concreta. Para el caso práctico del informe que es el de recuperar el lampon de un tractor, se tiene dos tipos de junta, la junta en solape entre las planchas y la base del lampon, y junta a tope entre las planchas.

Detalles de la juntaJunta a TopeJunta a Solape

La junta a tope se produce entre los dos segmentos de plancha que se manda a rolar, de las recomendaciones para este tipo de junta se tiene lo siguiente:

Espesor de plancha: $\frac{1}{2}$ " = 12.7 mm

Separación mínima entre planchas (t) = 2 mm

Altura (a) = 3 mm

La junta en solape se produce entre la plancha y la base del lampon y en este caso no requiere preparación alguna en los bordes

La habilitación de la junta de soldadura en el caso de refuerzo de lampon de un tractor D6R debe de tener como pasos previos lo siguiente:

- a) Las planchas que se van a utilizar como refuerzo, deben de estar cortadas a la medida y roladas con la curvatura de acuerdo a lo que indica la base del lampon.
- b) La superficie de trabajo debe estar limpia, remover la herrumbre, las escamas de oxido, la grasa y suciedad que pueda tener.
- c) Redondear los bordes o puntas, evitar un sobrecalentamiento
- d) Realizar el precalentamiento utilizando el Equipo de oxiacetileno. Para nuestro caso la temperatura de precalentamiento es de 778 grados centígrados. Esta temperatura se puede medir utilizando una pistola de temperatura, o de no contar con este instrumento, basándose en la experiencia practica del soldador por inspección visual del color que toma la superficie del metal a soldar. Para zonas de gran extensión de soldadura se calienta una distancia de 10 cm. Por encima y debajo de la junta aproximadamente.

5- Secuencia de soldadura.

Una vez Precaentado la zona de trabajo y regulada la maquina de soldar se realiza el proceso de soldadura propiamente dicho. Para un refuerzo con cambio de planchas roladas de acero de ½” de espesor, fijadas a la base del lampon por medio de soldadura se realizan los siguientes pasos:

1. - Se apuntala la nueva plancha sobre la base del lampon. Los puntos se realizan por lo general en los extremos y al medio de la parte superior e inferior de la plancha. En elementos cuyo radio de curvatura es grande (como en las cucharas de las excavadoras, se ayuda a fijar las planchas roladas por medio de templadores).

2. - Se precalienta la zona a soldar. La temperatura de precalentamiento calculada en 228°C se puede medir por medio de una pistola de temperatura, o también en forma practica, cuando el soldador es calificado, observando el cambio de coloración en la superficie a soldar.

3. - Se realiza el pase de raíz tomando las precauciones del caso para evitar agrietamientos bajo el cordón (regulación del amperaje correcta, inclinación y distancia de electrodo conforme a normas establecidas para el tipo de unión a realizar, velocidad de deposición adecuada). Estas condiciones dependen de la capacidad del soldador. Durante La soldadura, la temperatura entre pases debe ser igual a la temperatura de precalentamiento, esto evita un sobrecalentamiento del material y es controlado por la capacidad del soldador

4. - Se continua con los pases de soldadura subsiguientes hasta completar la unión a soldar. Por lo general para planchas de $\frac{1}{2}$ se realizan entre 2 a 3 pases de cordones de soldadura. El electrodo utilizado es supercito 7018.

5. - Por las características de forma del lampon va ha existir dos zonas definidas de posición de soldeo, una horizontal y una vertical. En la zona ha soldar en posición vertical se realiza en forma ascendente.

6. - Concluido el refuerzo con el cambio de planchas; se procede a proteger la superficie de dichas planchas por medio de venas de soldadura utilizando electrodo citodur 600. Las zonas a proteger en el lampon son las que se encuentran expuestas a mayor desgaste, y son zonas que por experiencia están definidas, En este caso el mayor desgaste se produce por lo general en la parte central y en los extremos por donde se ubican las cuchillas y las cantoneras, es decir en la parte inferior del lampon. En los detalles "A" y "B" del plano al final del informe, se detalla el tipo de protección y las medidas de las zonas a proteger.

POSICIONES DE SOLDADURA Y JUNTAS DE SOLDADURA

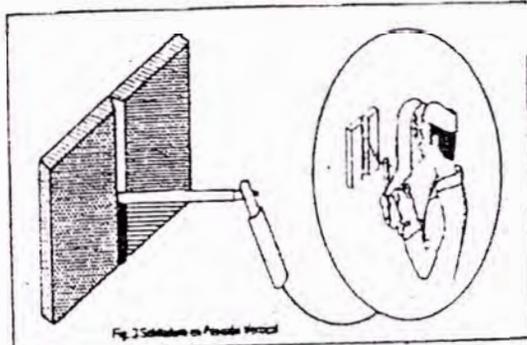


Fig. 3 Soldadura en Posición Vertical

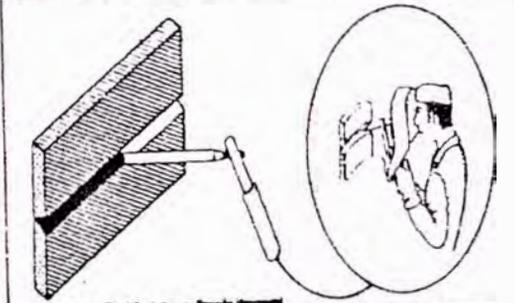


Fig. 4 Soldadura en Posición Horizontal

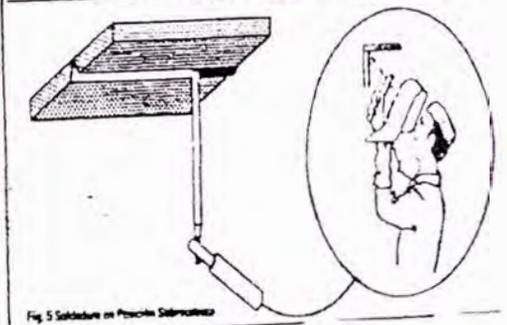


Fig. 5 Soldadura en Posición Sobrepuesta

La Soldadura de Tablero: Es una combinación de las anteriores anteriores.
En las posiciones, que se refieren en el color o en

el color, se precisan solamente detalles, de como las posiciones indicadas, de como se manejan en la práctica.

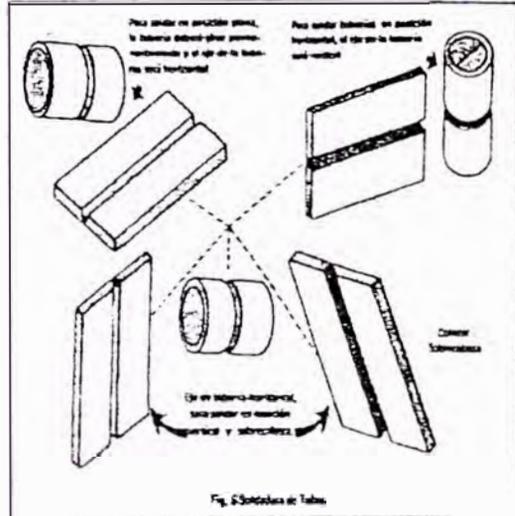


Fig. 6 Soldadura de Tabla

12. PREPARACION DE LAS BARRAS PARA LA SOLDADURA

Las Juntas: La junta es la línea o refuerzo de metal,

de ancho 7 o más anchos o más, que como las barras comerciales preparadas. Las juntas se preparan moviendo las barras longitudinalmente de arriba.

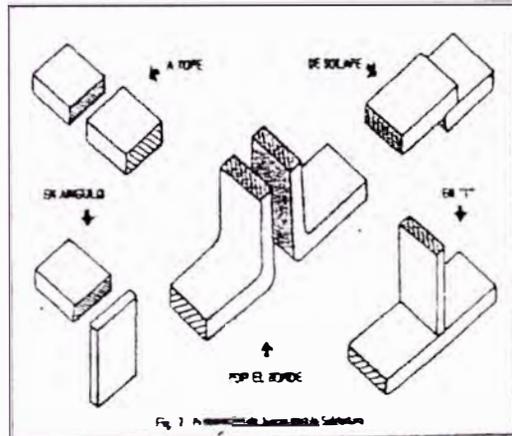


Fig. 7 Preparación de Juntas para Soldadura

Finalidad de la Junta: La finalidad de la preparación de las juntas es asegurar la penetración correcta en la preparación y también la aplicación de solda con mayor facilidad una vez de haberse calentado.

Sección del Furo de Junta: Una cantidad de junta preparada en el proceso de soldar por arco en la dirección del metal y muy adecuada para de punto a punto en cada posición correcta.

CAPITULO 7

**APLICACIÓN DEL PROCESO POR ARCO ELÉCTRICO CON
ALAMBRE TUBULAR (FCAW) AL REFUERZO DEL LAMPON DE
UN TRACTOR D6R**

7.1. - INTRODUCCIÓN

Lo expresado en el capítulo anterior referente al recargue o recuperación de elementos sometidos a desgaste por medio de soldadura con el método SMAW se cumple para el proceso con alambre tubular. Para efecto de comparación la hoja topadora es la misma (Hoja A orientable), el tipo de plancha, temperatura de pre calentamiento es igual, varia el tipo de material de aporte y las consideraciones de trabajo propias del proceso.

En el siguiente ítem se detalla estas diferencias.

7.2. - DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE TRABAJO

Los Parámetros a tener en consideración para usar el proceso FCAW en la recuperación de una hoja topadora son los siguientes:

- *SELECCIÓN DE LA MAQUINA DE SOLDAR*

La maquina a utilizar es la misma que para el proceso SMAW, ya que es un Equipo multiproceso y se selecciono así, para poder comparar ambos procesos.

La maquina es soldadora MILLER XMT-304

- *SELECCIÓN DE LAS PLANCHAS*

Las planchas a utilizar para el cambio de las mismas en la hoja topadora son iguales que en el proceso anterior, es decir planchas ASTM A514 o simplemente T1

- *SELECCIÓN DEL ALAMBRE TUBULAR*

Existe una gran variedad de productos de uso según el caso, para recargue duro en elementos sometidos a desgaste por abrasión e impacto se recomienda el uso de electrodos EXSATUB 74 y para la protección EXSATUB 350-0 O EXSATUB 1000-0, que son autoprotegido.

Una de las grandes ventajas de este tipo de alambre es que es autoprotegido, es decir tiene en la parte interior un núcleo que contiene fúndente, elementos de aleación y formadores de escoria, por lo que no necesita gas de protección.

A continuación se presenta cuadros con características, propiedades, composición química del material depositado y otros datos de los alambres tubulares para recargue de elementos sometidos a desgaste en maquinaria pesada:

EXSATUB 74

Alambres Tubulares de Unión



Descripción:

El producto EXSATUB 70T-4 es un alambre tubular autoprottegido, diseñado para soldar en posición plana y filete horizontal con un alto ratio de deposición horaria.

Normas:

AWS/ASME/SFA-5.20
E 70T-4

Análisis químico del metal depositado (%):

C	Mn	Si	P	S	Al
0,20	0,30	0,25	0,007	0,002	1,1

Características:

- ✓ Especialmente diseñado para soldadura en posición plana y filete horizontal.
- ✓ El alambre EXSATUB 70T-4 no requiere gas de protección.
- ✓ El arco de soldadura es muy estable y su escoria es de fácil remoción.
- ✓ El metal depositado es resistente a la fisuración.
- ✓ Se puede soldar con una mayor longitud de alambre libre, que con otros productos equivalentes.
- ✓ Los cordones son lisos y con buena humectación en los bordes de la junta.
- ✓ Se puede apilar con éxito sobre materiales bases con una ligera capa de suciedad y óxidos.
- ✓ Es fácilmente manipulable sobre bordes y superficies desniveladas.
- ✓ Adaptable a una gran variedad de condiciones de soldadura de ~~libre~~ y soldadura en campo libre.

Propiedades Mecánicas:

Resistencia a la Tracción	Límite Elástico	Elongación (>%)
600 N/mm ²	441 N/mm ²	26%
87 000 lb/pulg ²	64 000 lb/pulg ²	

Posiciones de Soldar:

P	Fh	H
---	----	---

Tipo de Corriente, Polaridad y Fuente de Poder:

Corriente Continua Electrodo al Polo Positivo / CC(+)	Voltaje Constante (de preferencia) ó Amperaje Constante con alimentador de alambre
---	--

Diámetros, Amperajes y Presentación:

Diámetro (mm)	2,40 / 3,00		
Presentación (kg)	22,72 (Rollos)		
Amperaje (Amp.)	350	375	400
Voltaje (V)	28	29	30
Velocidad de alimentación del alambre (cm/min)	498	539	582
Velocidad de deposición (kg/hr)	6,25	6,84	7,30
Rendimiento (%)	82,3	84,1	83,7
Longitud de alambre electrificado - Stick out (mm)	19 - 75		

Aplicaciones:

- Sobre aceros de bajo y mediano contenido de carbono. En aplicaciones donde no se requiera excepcionales propiedades de resistencia al impacto a bajas temperaturas (-29°C).
- Fabricaciones estructurales de todo tipo: vigas, columnas, marcos, soportes, andajes, etc.
- Estructuras y componentes en la construcción de maquinaria, tractores, lampones, uñas de palas, vagones de ferrocarriles, ollas de fundición, bocas de convertidor de fundición de cobre, tolvas de camiones, equipos de construcción y equipos de movimiento de tierra.



EXSATUB 350-0

Alambres Tubulares de Recargue



Descripción:

Deposito de baja aleación, para reconstrucción de componentes de acero al carbono. Puede ser empleado como base económica para recubrimientos duros o como reconstrucción dimensional y colchón de componentes sujetos a fuertes cargas compresivas.

Análisis químico del metal depositado (%):

C	Mn	Si	Cr	Mo
0.15	2.0	0.5	1.6	0.35

Características:

- ✓ Alambre tubular autoprotectido para reconstrucción de componentes de acero al carbono.
- ✓ Ideal como cama cojin para la aplicación de recargues duros ó para reconstrucción dimensional.
- ✓ Por su elevada resistencia a la compresión puede ser usado como colchón de piezas sujetas a fuertes cargas compresivas.
- ✓ Maquinable con herramientas de acero rápido ó metal duro.
- ✓ No recomendable para uniones.

Propiedades del metal depositado:

Resistencia a la Abrasión	Resistencia al Impacto	Resistencia a la Compresión	Dureza (HRB)
Moderada	Excelente	Excelente	280-320

Posiciones de Soldar:

P	H	Fh

* Vertical ascendente ó descendente hasta 45°

Tipo de Corriente y Polaridad:

Corriente Continua Electrodo al Polo Positivo / CC(+)

Diámetros, Amperajes y Presentación:

Diámetro (mm)	1,68	2,00	2,40
Presentación (kg)	15 (Carrete)	15 (Carrete)	15 (Carrete)
Amperaje (A)	150 - 350	200 - 400	200 - 450
Voltaje (V)	28 - 30	28 - 30	28 - 30
Longitud de alambre electrizado - Stick out (mm)	25 - 50	25 - 50	25 - 50
Gas de Protección	Ninguno	Ninguno	Ninguno

Aplicaciones:

- Utilizado para refinaris o recubrimientos duros de partes sujetas al desgaste metal-metal y abrasión moderada.
- Reconstrucción de componentes y partes rodantes de tractores y equipos de movimiento de tierra y minería, ejes y engranajes de acero, ruedas de puentes grúa, rodillos de siderurgia, ruedas de carros mineros, partes de dragas y mezcladoras, acoples de trenes.



EXSATUB 1000-O

Alambres Tubulares de Recargue

**Descripción:**

Alambre tubular para el proceso de arco abierto, deposita una fundición con alto contenido de carburos de cromo. Recomendado para la aplicación de piezas sujetas a severa abrasión e impacto entre bajo y moderado.

Análisis químico del metal depositado (%):

C	Cr	Mn	Si
5,0	27	3,0	1,8

Características:

- ✓ Alambre tubular de recargue para el proceso de Arco Abierto.
- ✓ Aleación con alto contenido de carburos de cromo primarios dentro de una matriz austenítica dúctil
- ✓ Limitado a 3 pases, sin embargo, múltiples pases pueden ser aplicados con la técnica de capas de blindaje empleando un acero inoxidable como capa intermedia.
- ✓ El metal depositado es no maquinable y no forjable.
- ✓ La presencia de fisuras transversales a los cordones es normal y sirven para aliviar tensiones.

Propiedades del metal depositado:

Resistencia a la Abrasión	Resistencia a la Corrosión	Resistencia al Impacto	Dureza con 3 pases en Aceros al Carbono
Excelente	Buena	Moderado	58 - 62 HRC

Posiciones de Soldar:

P	H	Fh
---	---	----

Vertical ascendente ó descendente hasta 45°

Tipo de Corriente y Polaridad:

Corriente Continua Electrodo al Polo Positivo / CC(+)	Voltaje Constante (de preferencia) ó Amperaje Constante con afinador de alambre
---	---

Dímetros, Amperajes y Presentación:

Dímetro (mm)	1,60	2,40
Presentación (kg)	15 (Carrete)	15 (Carrete)
Amperaje (A)	150 - 350	250 - 450
Voltaje (V)	24 - 35	28 - 35
Rendimiento (%)	90	90
Longitud de alambre electrificado - Stick out (mm)	25 - 50	25 - 50
Gas de Protección	Ninguno	Ninguno

Aplicaciones:

- Utilizado para recubrimientos duros de partes sujetas al desgaste abrasivo generado por tierra, arena ó minerales abrasivos.
- Cono de chancadoras, industria del cemento, cuerpos de bombas de dragas, partes de dragas de arena, tornillos extrusores y transportadores, partes de molinos, equipos mineros y de movimiento de tierra, campanas de altoparlante, martillos de caña de azúcar, rodillos y mesas de molinos de carbón, martillos de coque, etc.



- *TEMPERATURA DE PRE CALENTAMIENTO*

La temperatura de pre calentamiento es igual en ambos procesos es decir 228°C

Esta temperatura se determinó utilizando el método de Seferian

CUADRO DE RESUMEN DE LOS PARÁMETROS DE TRABAJO Y CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES PARA EL PROCESO FCAW

PARAMETROS	CARACTERISTICAS
AMPERAJE	350 A
VOLTAJE	28 V
POLARIDAD	INVERTIDA
VELOCIDAD DE AVANCE	498 cm/min
PLANCHAS DE ACERO	ASTM A-514
ESPESOR DE PLANCHA	½ PULGADA
SOLDADURA	EXSATUB 74 3 mm de diámetro EXSATUB 350-0 2.4 mm de diámetro
TEMPERATURA PRECALENTAM.	228°C

7.3 Procedimiento de Soldadura

Determinado los parámetros de trabajo⁴ y calibrada la maquina de soldar se procede a preparar el elemento a recuperar.

PREPARACIÓN DE LA JUNTA.-

Para la preparación de la junta se debe tener en cuenta otras consideraciones por que el alambre Exsatub 74 solo se utiliza en posición de soldar Plana, Horizontal y Filete Horizontal. (No suelda en posición vertical)

La preparación de la junta es como sigue:

- Primero las superficies deben estar limpias de polvo, tierra o grasa, y secas(no deben de tener humedad), para evitar problemas de grietas y porosidad
- Posición de soldeo limitada a plana y horizontal lo que requiere variar la posición de la hoja topadora de acuerdo a la junta a soldar, lo que significa mayor tiempo en manipuleo de la hoja y además tener que desmontar la hoja del tractor.
- Tipo de junta similar al caso anterior, es decir junta a tope y junta a solape. Las consideraciones en el tipo de junta a tope se mantienen es decir distancia mínima entre planchas 2mm en la parte inferior, chaflan a 60° .

SECUENCIA DE SOLDADURA

- Primero se debe de calibrar el Equipo de acuerdo al alambre a utilizar. Los alambres Exsatub vienen en 2 medidas, de 2.40 mm y 3.00 mm, para nuestro

⁴ Ver tablas paginas 119, 120 soldadura Exsatub 74, Exsatub 350-0 respectivamente

caso se usara alambre de 3.00 mm. Para alambre EXASATUB 74 con diámetro de 3.00 mm se deben utilizar los siguientes valores:

Amperaje 350 A

Voltaje = 28 V

Velocidad de alimentación del alambre (cm/min) = 498

Velocidad de deposición (kg/hr) = 6.25

Rendimiento (%) = 82.3

Longitud de alambre electrizado- Stick Out (mm) = 19-75

Electrodo al polo positivo corriente continua/ CC(+)

Valores proporcionados por EXSA S.A. – DIVISION DE SOLDADURAS, y son las características recomendado para el uso de Exsatub 74

- Una vez calibrado el Equipo y preparada las juntas a soldar se procede a precalentar la zona a soldar igual que el proceso anterior, y se realiza los pases de soldadura correspondientes.
- Concluida la soldadura de las juntas se procede a recubrir las zonas de mayor desgaste con Exsatub 350-0. La ventaja de utilizar Exsatub 350-0 es que se puede utilizar con los mismos parámetros de la maquina que se uso anteriormente con Exsatub 74.

CAPITULO 8

ANALISIS ECONOMICO

8.1 ANALISIS DE COSTO

El presente capítulo está referido al costo para la recuperación de un lampon de tractor D6R para lo cual vamos a definir el tipo de lampon, vida útil estimada y costos de materiales necesarios para la recuperación y costo de mano de obra.

Para el presente trabajo tomamos un lampon modelo orientable XR de las siguientes características:

HOJA TOPADORA A-XR

Capacidad : 3.93 metros cúbicos- 4.16 yardas cúbicas

Largo: 4.16 metros

Altura: 1.034 metros

Peso: 3218 kilos-7079 libras

Las dimensiones y características de la hoja topadora se obtuvo del Manual de Rendimiento Caterpillar

El costo de un lampon para tractor de este modelo es el siguiente:

Hoja topadora 2MJ01686= \$USA 21,870.86 + IGV (Precio de Ferreyros S. A.)

VIDA UTIL

La vida útil de un lampon u hoja topadora depende de diversos factores pero principalmente del material con el cual va a trabajar el tractor (roca suelta, tierra arcillosa, roca fracturada etc.) La vida útil estimada para condiciones más severas es de 4,000 horas de trabajo, esto asumido de datos estadísticos y experiencia, refiriéndome al desgaste de las planchas de acero que resisten el impacto y la abrasión del material, por que además el lampon cuenta con otros elementos que van empemados y que son las cuchillas y las cantoneras las cuales tienen un desgaste diferente al de las planchas, pero su renovación es mas sencilla.

Los materiales necesarios para la recuperación de la hoja topadora utilizando el proceso SMAW son los siguientes:

- PLANCHAS DE ACERO ASTM A514
- SOLDADURA SUPERCITO 7018
- SOLDADURA CITODUR 600
- OXÍGENO
- ACETILENO

Las cantidades y los costos se determinan a continuación.

COSTOS DE MATERIALES Y MANO DE OBRA PROCESO SMAW

Los costos de reparación del lampon son los siguientes:

1. *-Planchas de acero.-* Las Planchas de acero aleada ASTM A514 que en

nuestro medio se denomina comercialmente como plancha T1 vienen en las siguientes medidas:

espesor: ½ “ Largo: 3 metros Ancho: 1.5 metros

En el mercado los espesores de estas planchas varían desde ¼ “ hasta 4”, pero para el caso de este trabajo se utiliza planchas de ½ “.

El costo de una plancha es de \$ USA 859.00 incluido el IGV

Para cambiar las planchas del lampon del modelo escogido se requiere 2 planchas, para cubrir la longitud total de 4.166 metros.

Se prepara 2 piezas de planchas de las siguientes medidas: 2.00 x 1.0 roladas a lo largo de la medida de 1.0 de acuerdo a la plantilla que se obtiene de la curvatura de la base del tractor.

Costo de cada plancha: \$ USA 859.00

Costo total en planchas: \$ USA 1718.00

2. - *Conformación en frío*.- La característica de doblado en frío para este tipo de plancha es la siguiente:

<i>Línea de doblado</i>	<i>transversal</i>	<i>longitudinal</i>
<i>Radio de doblado mínimo</i>	<i>espesor x 4</i>	<i>espesor x 5</i>

Se recomienda esmerilar los filos cortados con ~~lana~~ o cizalla, para evitar rajaduras.

El costo por rolado es el siguiente:

La plancha de ½ x 2.00 x 1.0 pesa aproximadamente 190 Kg, el costo para rolar es de \$ USA 1.00 por kilo

El costo total para rolar las 2 planchas es: \$ USA 380.00

3. - *Soldadura*.- La cantidad de soldadura utilizada para la recuperación de la hoja topadora es la siguiente: 80 Kg de supercito 5/32

5 Kg. de citodur 600

Estas cantidades requeridas son asumidas por experiencia en trabajos similares.

Costo de soldadura:

$$\text{Supercito 5/32: } 80 \times \text{S/} 7.00 = \text{S/} 560.00$$

$$\text{Citodur 600: } 5 \times \text{S/} 17.00 = \text{S/} 85.00$$

Costo total de soldadura: S/. 645.00 = \$ USA 185.00

La eficiencia de deposición en el proceso SMAW esta entre el 60 al 70 % con un soldador medio con rendimiento de 1.5 a 2 kg./hr.

Perdidas por eficiencia de deposición:

Asumiendo 70 % de eficiencia de deposición y soldador con rendimiento de 2 kg./hr, se tiene: $80 \times 0.7 = 56 \text{ Kg}$

Es decir que se desperdicia: $80 - 56 = 24 \text{ Kg}$.

4-*Oxígeno y acetileno*.- Para preparar las planchas antes de soldar y realizar el pre calentamiento se requiere de un Equipo de oxi acetileno, la cantidad de material utilizado es aproximadamente el siguiente: 2 botellas de oxígeno de 8 m³ cada una y 1 botella de acetileno de 6 kilos. El costo seria:

$$\text{Oxígeno} = 2 \times \text{S/} 80.00 = \text{S/} 160.00$$

$$\text{Acetileno} = 1 \times 162.00 = \text{S/} 162.00$$

Costo total: S/. 322.00 = \$ USA 92.00

5. - *Mano de obra* El tiempo requerido para realizar este tipo de trabajo es aproximadamente 40.00 horas efectivas necesitándose el siguiente personal

1 soldador y 1 ayudante

Las horas hombre de un soldador calificado para este tipo de trabajo esta en 4.00 nuevos soles y un ayudante en 2.5 nuevos soles. Estos valores son los precios aproximados que se paga en construcción civil

Costo total de horas hombre: S/ 4.00 x 40 + S/2.5 x 40 = S/260.00 = \$USA 75.00

COSTO TOTAL DE REPARACIÓN: costo de plancha + costo de rolado + costo de soldadura + costo de oxígeno y acetileno + costo de mano de obra

Costo total = 1718.0 + 380.0 + 185 + 92.0 + 75.0

Costo total = \$ USA 2450.00

Perdidas por la no operatividad del Equipo

Generalmente este tipo de trabajo se realiza bajo una programación, a fin de evitar un cruce con la producción, por lo que solo toma en cuenta el costo por parada de maquina.

Este modelo de tractor esta valorizado la hora de producción en \$ USA 60.00 incluido IGV.

El tiempo de parada del Equipo para su reparación se tomaran en cuenta las siguientes consideraciones:

2. – *Conformación en frío.*- El costo es el mismo que para el proceso anterior por utilizar las mismas planchas, es decir USA \$ 380.00

3. - *Soldadura.*- Asumiendo la misma cantidad de material depositado de aporte se tiene: 80 Kg. de soldadura. La soldadura Exsatub 74 vienen en carretes de 22.72 Kg, por lo que se necesitaría 4 rollos de 22.72 Kg cada uno.

El costo del rollo de Exsatub 74 de 3.00 mm de diámetro es \$ USA 88.00

El costo total por los 4 rollos sería: $4 \times 88 = \$ \text{USA } 352.00$

La soldadura para el recubrimiento es Exsatub 350-0 que vienen en rollos de 25 Kg a un costo de \$ USA 140.00, Para proteger el lampon se necesita aproximadamente 5kg. de material, por lo que es suficiente 1 rollo.

Costo total de soldadura: 4 rollos Exsatub 74 = \$ 352.00

1 rollo Exsatub 350-0 = \$ 140.00

Costo total = USA \$ 492.00

La eficiencia de deposición en el proceso FCAW esta en el 82.3%, dato obtenido de tabla, con un soldador de un rendimiento de 7 a 9 kg/hr.

Perdidas por eficiencia de deposición:

Tomando 80 % de eficiencia de deposición y soldador con rendimiento de 7kg /hr, se tiene: $80 \times 0.823 = 65.84 \text{ Kg}$

El desperdicio es: $80 - 65.84 = 14.16 \text{ kg}$.

4. -*Oxígeno y acetileno.*- El costo de material en Oxígeno y acetileno es similar al proceso SMAW es decir de USA \$ 92.00

5. - *Mano de obra.*- El rendimiento de un soldador por medio del proceso FCAW esta entre los 7 a 9 kg./hr, asumiendo para efecto de calculo 8 kg./hr se tiene: $80 \text{ Kg} / 8 = 10$ horas.

El tiempo requerido para realizar este tipo de trabajo es de 10 horas efectivas necesítandose el siguiente personal:

1 soldador y 1 ayudante

Las horas hombre de un soldador calificado para este tipo de trabajo esta en 7.00 nuevos soles y un ayudante en 2.5 nuevos soles. Estos valores son los precios aproximados que se paga en construcción civil

Costo total de horas hombre: $S/. 7.00 \times 10 + S/. 2.5 \times 10 = S/. 95.00 = \$ \text{ USA } 27.00$

COSTO TOTAL DE REPARACIÓN: El costo total de reparación es la suma de los costos parciales de plancha, rolado, soldadura, oxígeno, acetileno, y la mano de obra.

costo de plancha + costo de rolado + costo de soldadura + costo de Oxígeno y acetileno + costo de mano de obra

Costo total = $1718.0 + 380.0 + 492.0 + 92.0 + 27$

Costo total = \$ USA 2709.00

Perdidas por la no-operatividad del Equipo

Como se explico en el proceso anterior, las reparaciones de este tipo son programadas para no interferir con la producción, pero la diferencia con el proceso anterior esta en el tiempo de paralización del Equipo. Este modelo de

tractor esta valorizado su hora de producción en \$ USA 60.00 incluido IGV.

Para nuestro caso las consideraciones serian las siguientes:

- Habilitar el lampon para el recargue (trasladar la maquina al taller de obra) y preparar la junta de soldadura, se estima en un tiempo promedio de 8.00 horas.
- El proceso de recargue se determino en 10 horas
- Habilitar la hoja topadora ya recuperada en el tractor y poner ha disposición de produccion el tractor, un tiempo medio de 8 horas

Tiempo Total = $8 + 10 + 8 = 26$ horas

Costos de no producir por parada para reparación: $26 \times 60 = \$ \text{USA } 1560.00$

Esta es la perdida económica por estar el Equipo en reparación, pero cabe acotar que no se considera como perdida ya que como se explico anteriormente las paradas para este tipo de reparaciones son programadas; pero si servirá para hallar la diferencia de perdida con el proceso SMAW.

COMPARACIÓN DE COSTOS DE RECARGUE DURO ENTRE EL PROCESO SMAW VERSUS PROCESO FCAW

De los valores obtenidos del costo de reparación y tiempo de demora en recuperar la hoja topadora por cada proceso se obtiene los siguientes resultados:

Proceso	Tiempo de Reparación (horas)	Costo de Reparación (\$ USA)	Costo por No producir (\$ USA)	Costo maq. De soldar (\$ USA)	Inversión total (\$ USA)
SMAW	40	2450.00	3360.00	3280.00	9090.00
FCAW	10	2709.00	1560.00	5444.00	9713.00

Si bien anteriormente se selecciono la maquina de soldar MILLER XMT-304 para ambos procesos, la diferencia de precio se da, por que el proceso con alambre tubular (FCAW) requiere de un alimentador de alambre que es un dispositivo adicional que se le acopla para procesos semiautomáticos a la maquina.

Costo variable

Es el costo de reparación o recuperación del elemento, que dependiendo del proceso de recargue, varia los materiales a utilizar

Costo fijo

Es el costo de la maquina de soldar para cada proceso mas el costo por no producir el tiempo que dura la reparación

Inversión Total

Es la suma del costo fijo y el costo variable

8.2 Beneficio

Del cuadro de comparación de costos entre el proceso SMAW y el proceso FCAW se determina un menor costo para el proceso SMAW en comparación con el proceso FCAW. Este resultado es diferente si el elemento a recuperar fuera una pieza donde el método semiautomático se pueda aplicar con toda sus ventajas, como por ejemplo la recuperación de uñas de cargador o uñas de Ripper, o cantoneras de tractor, o carriles, donde la cantidad de elementos a recuperar es mayor y la producción con el proceso semiautomático es superior que el proceso manual.

El beneficio de utilizar el proceso SMAW en la recuperación del lampon de un tractor D6R en comparación a realizarlo por medio de servicio de terceros (Factorías o en Ferreyros).

El costo de recuperación de un lampon de tractor D6R en Ferreyros es de USA \$4200.00 incluido el IGV, demorando el servicio 60 Horas, utilizando el proceso SMAW.

A continuación se detalla un cuadro comparativo de recuperación del lampon utilizando el proceso SMAW realizado por cuenta propia y enviado a reparar en Ferreyros S. A.

	Tiempo de Recuperación (horas)	Costo de Reparación (\$ USA)	Costo por No producir (\$USA)	Costo total (\$ USA)
Ferreyros S. A.	60	4200	3600	7800
Cuenta propia	40	2450	2400	4850

CONSIDERACIONES

- No se esta incluyendo el tiempo de desmontaje y montaje del lampon. Se estima el mismo para ambas.
- Se considera que el tractor se encuentra para ambos casos en Lima, por que si se encontrara en una zona alejada, se tendria que considerar el costo de transporte del lampon a los talleres de Ferreyros, mientras que por cuenta propia lo podemos realizar en el campo. El servicio de recuperación por recargue duro Ferreyros lo realiza en sus talleres.
- Se estima en USA \$ 60.00 la hora del costo de producción del tractor D6R.
- La vida útil del lampon recuperado se estima en 4000 horas para ambos casos.

- Se considera el régimen de trabajo a 2 turnos en 22 horas diarias, con material de trabajo altamente abrasivo

Para 4000 horas de vida útil, a 22 horas diarias nos da 6 meses para volver a recuperar el lampon.

El ahorro por realizar el trabajo por cuenta propia respecto al realizado por Ferreyros es:

$$7800 - 4850 = 2950 \$ \text{ USA}$$

Al año se realiza 2 recuperaciones del lampon bajo estas consideraciones por lo que se tendría un ahorro anual de:

$$2950 \times 2 = \$ 5900$$

CONCLUSIONES

- 1) La recuperación de elementos sometidos a desgaste en maquinaria pesada utilizando el proceso SMAW, para reutilizarlos y prolongar su vida útil, nos ofrece una gran ventaja económica, ya que reduce el costo de repuestos de elementos cambiables por recuperar los gastados, como se aprecia al recuperar el lampon por cuenta propia en lugar de pedir un servicio a terceros. Esto se aprecia mejor si se recupera elementos que tienen menor tiempo de vida útil como por ejemplo las cantoneras del tractor o las cuchillas de las motoniveladoras, en lugar de comprar nuevos.
- 2) Los electrodos revestidos se encuentran en el mercado nacional en mayor proporción que los alambres tubulares, lo que nos permite conseguir el insumo en cualquier ciudad del país, a diferencia del alambre tubular que debemos de tener un stock permanente, aparte de ser mas barato.

- 3) A pesar que el proceso de arco eléctrico con alambre tubular tiene ventajas en cuanto a deposición de material y acabado por lo que un trabajo se realiza en menor tiempo y con menos pérdida de material, requiere de personal altamente calificado en la utilización del método, conociendo la realidad nacional se sabe que soldadores con dominio del proceso SMAW para recargue duro son los que más se tiene a la mano.

- 4) La recuperación de elementos sometidos a desgaste por medio de recargue duro nos permite minimizar nuestro stock de repuestos y bajar los costos de los mismos.

- 5) El utilizar proceso de soldadura SMAW nos permite realizar el recargue en la zona de trabajo, por contar con equipos manejables en zonas de difícil acceso, y poder realizar el trabajo en el mismo campo.

BIBLIOGRAFIA

- Fundamentos de Diseño Mecánico Corrosión y Desgaste
Autor: Joseph E. Shigley – Charles R. Mischke
- Desgaste de Materiales
Autor: A. D. Sarkar
Editorial: Noriega/Limusa
- AWS D1.1:2000
An American National Standard
Structural
Welding Code-Steel
AWS
- Manual de Soldadura OERLIKON
- Soldadura Aplicaciones y Practica
Autor: Henry Horwitz
Editorial: Alfa Omega
- Manual de Rendimiento Caterpillar

APENDICE

APÉNDICE A

EFFECTO DE LOS ELEMENTOS DE ALEACION SOBRE LAS PROPIEDADES DE UN MATERIAL

ELEMENTO	EFFECTO
B - BORO	DUREZA
C - CARBONO	DUREZA, RESISTENCIA
Cr - CROMO	DUREZA, RESISTENCIA AL DESGASTE, RESISTENCIA A LA CORROSION
Co - COBALTO	RESISTENCIA A LA CORROSION, DUREZA EN CALIENTE
Fe - HIERRO	ELEMENTO BASE
Mn - MANGANESO	TENACIDAD, CAPACIDAD DE ENDURECIMIENTO POR DEFORMACION
Mo - MOLIBDENO	RESISTENCIA, DUREZA, RESISTENCIA AL DESGASTE
Ni - NIQUEL	DUREZA, RESISTENCIA A LA CORROSION
Si - SILICIO	FLUIDEZ
Ti - TITANIO	DUREZA, RESISTENCIA AL DESGASTE
W - TUNGSTENO	DUREZA, DUREZA EN CALIENTE, RESISTENCIA AL DESGASTE
V - VANADIO	TENACIDAD, RESISTENCIA AL DESGASTE

APÉNDICE B

PARAMETROS DE USO ALAMBRES TUBULARES Y SÓLIDOS

Designación INDURIA	Díámetro Pulg (mm)	Amperaje (Amp)	Voltaje (Vol)	Stick - Out Pulg (mm)	Corriente y Polaridad	(1) Gas Protección	Flujo L/min
Fabshield 4	3/32 (2.4)	320 - 450	29 - 32	2 1/2 (64)	CC (+)	No requiere	-
Fabshield 21B	0.045 (1.2) 1/16 (1.6) 5/64 (2.0)	80 - 220 110 - 270 125 - 300	13 - 20 14 - 20 15 - 22	3/8 (10) 1/2 (13) 1/2 (13)	CC (-)	No requiere	-
71 V	0.045 (1.2) 1/16 (1.6)	170 - 220 220 - 250	21 - 23 22 - 26	1/2 - 1 (13 - 25) 5/8 - 1 (16 - 25)	CC (+)	CO ₂ Indurmig 20	Ø10 - 12 Ø12 - 15
Fabco R X R	5/64 (2.0) 3/32 (2.4)	250 - 400 350 - 550	26 - 33 26 - 36	3/4 - 1 1/4 (19 - 32) 3/4 - 1 1/4 (19 - 32)			Ø12 - 14 Ø12 - 15
111 - V	0.045 (1.2) 1/16 (1.6)	120 - 220 190 - 350	19 - 27 12 - 30	1/2 - 1 (13 - 25) 1/2 - 1 (13 - 25)			Ø12 - 13 Ø12 - 15
OA - 308L	3/32 (2.4) 7/64 (2.8)	225 - 350 350 - 500	26 - 32 27 - 34	1 1/2 (38) 1 1/2 - 2 (38 - 51)			- -
OA - 309L	5/64 (2.0) 3/32 (2.4)	200 - 300 225 - 350	24 - 30 26 - 32	3/4 - 1 1/4 (19 - 32) 1 - 1 1/2 (25 - 38)		- -	
242 - 0	1/16 (1.6) 7/64 (2.8)	225 - 400 350 - 500	23 - 29 24 - 32	1 - 1 1/2 (25 - 38) 1 1/2 - 2 (38 - 51)		No requiere	- -
AP - 0	1/16 (1.6) 7/64 (2.8)	225 - 400 350 - 500	23 - 29 24 - 32	1 - 1 1/2 (25 - 38) 1 1/2 - 2 (38 - 51)			- -
OA - 58	3/32 (2.4) 7/64 (2.8)	250 - 450 350 - 500	23 - 31 24 - 32	1 1/2 - 2 (38 - 51) 1 1/2 - 2 (38 - 51)			- -
70 S - 6	0.024 (0.6) 0.030 (0.8) 0.035 (0.9) 0.045 (1.2) 1/16 (1.6)	15 - 120 25 - 180 60 - 225 100 - 325 200 - 400	12 - 18 14 - 24 15 - 24 17 - 34 19 - 36	1/4 - 3/8 (6 - 10) 1/4 - 3/8 (6 - 10) 1/4 - 3/8 (6 - 10) 3/8 - 3/4 (10 - 19) 3/8 - 1 (10 - 25)			CO ₂ Indurmig 20, Indurmig 0 - 2, Indurmig 5 - 5, etc.
70 S - G B	0.035 (0.9) 0.045 (1.2)	80 - 225 100 - 325	15 - 24 17 - 34	1/4 - 3/8 (6 - 10) 3/8 - 3/4 (10 - 19)		Ø 8 - 10 Ø10 - 12	
308 L 316 L	0.035 (0.9) 0.045 (1.2)	60 - 200 75 - 325	18 - 22 24 - 26	3/8 - 1/2 (10 - 13) 1/2 - 3/4 (13 - 19)	Indurmig 0 - 2	Ø12 - 14 12 - 16	
1100 4043 5356	0.035 (0.9) 0.045 (1.2)	90 - 150 100 - 250	16 - 21 18 - 23	1/4 - 3/8 (6 - 10) 3/8 - 1/2 (10 - 13)	Indurmig 0 Indurmig 25 He	Ø14 - 25 14 - 30	
ER CuAl - 2	0.045 (1.2) 1/16 (1.6)	150 - 200 250 - 400	22 - 30 27 - 32	1/4 - 3/8 (6 - 10) 3/8 - 1/2 (10 - 13)		Ø23 - 30 24 - 31	

1) INDURIA posee una amplia gama de gases y mezclas para soldadura Mig. Aquí se han indicado solo las de mayor uso. Para aplicaciones específicas, consulte nuestro departamento de Asistencia Técnica.

Normenclatura: CO₂ 100% Anhídrido Carbónico
 Indurmig 0 - 100% Argón
 Indurmig 0 - 2 98% Argón - 2% Oxígeno
 Indurmig 20 80% Argón - 20% CO₂
 Indurmig 25 He 75% Argón - 25% He
 Indurmig 5 - 5 90% Argón - 5% CO₂ - 5% Oxígeno

2) Flujo con Indurmig 20. Al usar CO₂ el flujo debe ser incrementado entre un 15 - 20%.

3) Flujo con Indurmig 0.

APÉNDICE C

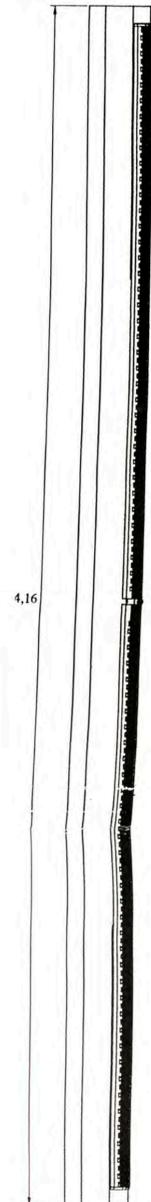
CENTRO TECNOLÓGICO
DE SOLDADURA EXSATEMPERATURAS DE
PRECALENTAMIENTO

GRUPO DE MATERIALES	DESIGNACION DE LOS ACEROS	COMPOSICION EN PESO (%)					PRECALENTAMIENTO RECOMENDADO (C°) (a)	
		C	Mn	Cr	Ni	Mo		
ACEROS AL CARBONO	AISI - SAE	1020	0.2	0.8			70°	
		1030	0.3	0.8			100°	
		1040	0.4	0.8			150°	
		1045	0.45	0.8			200°	
		1050	0.5	0.9			300°	
ACEROS AL MANGANESO	AISI - SAE	1330	0.3				120°	
		1335	0.35				150°	
		1340	0.4				180°	
		1345	0.45				200°	
		1345 H	0.5				200°	
ACEROS AL MOLIBDENO	AISI - SAE	4027 H	0.2			0.3	120°	
		4032 H	0.3			0.3	150°	
		4037 H	0.35			0.3	180°	
		4042 H	0.45			0.3	200°	
		4047 H	0.45			0.3	230°	
ACEROS AL CROMIO NICUBOENO	AISI - SAE	4118	0.2		0.5	0.25	120°	
		4130	0.3		1	0.25	150°	
		4135	0.35		1	0.25	200°	
		4145 H	0.45		1	0.25	260°	
		4145	0.45		1	0.25	260°	
ACEROS AL Ni - Cr - Mn y Ni - Mo	AISI - SAE	4340	0.4		0.8	1.8	0.3	260°
		4615	0.18				0.3	120°
		4620	0.22				0.3	120°
		4729 H	0.2					150°
		4829 H	0.2					150°
ACEROS AL CROMIO	AISI - SAE	5015	0.15		0.6			100°
		5056	0.45		0.6			230°
		5115	0.15		0.8			100°
		5145	0.45		0.9			230°
		5160	0.6		1			290°
ACEROS AUSTENITICOS AL Mn y Cr - Ni	ASTM	11-14%Mn	1					NO PRECALENTAR
		302	0.15		18	9		USAR UN MÍNIMO DE 100°C Y MÁXIMO DE 200°C ENTRE PASADAS
		309	0.2		22	12		
		310	0.25		25	20		
		347	0.08		18	10		NO REQUIERE
ACEROS AL CARBONO CALIDAD ESTRUCTURAL	ASTM	A 36	0.27					120°
		A 131GB	0.21					100°
		A 184GC	0.29					120°
		A 679 GB	0.2					100°
		A 285	0.21					120°
ACEROS DE ALTA RESISTENCIA	ASTM	A 131 HS	0.18					180°
		A 242 T2	0.2					100°
		A 411	0.22					100°
		A 588 Gr	0.2					150°
		A 633 Gr	0.22					120°

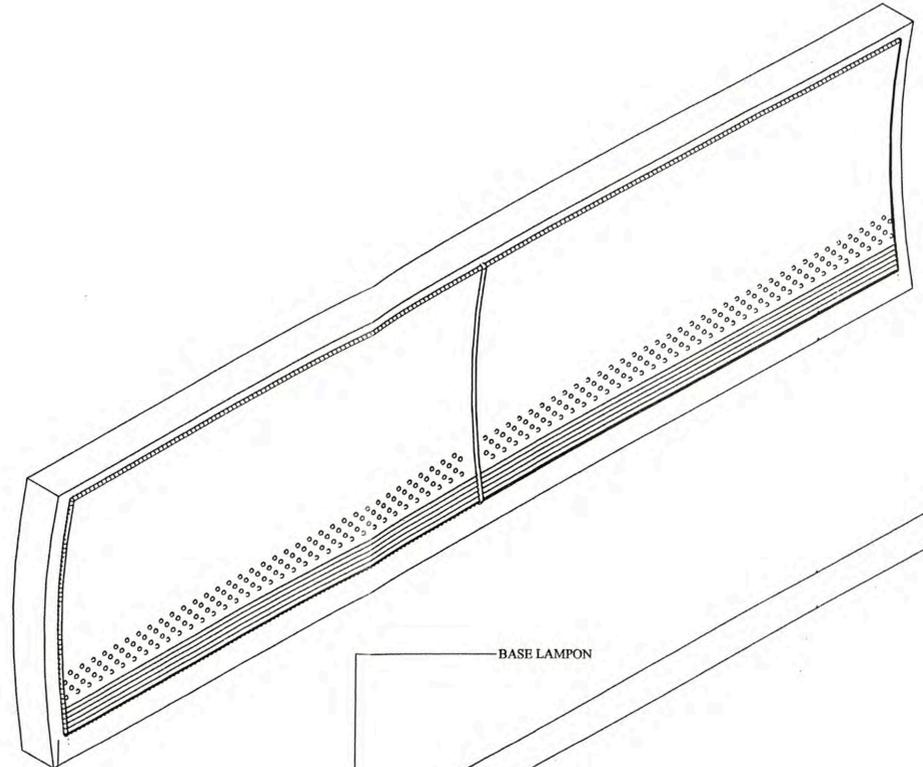
APÉNDICE E

ALMACENAJE Y REACONDICIONAMIENTO DE LOS ELECTRODOS DE MAYOR CONSUMO

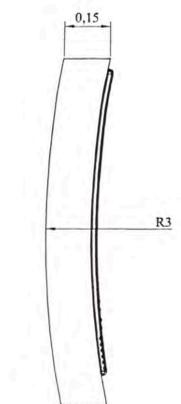
Clasificación AWS	Productos OERLIKOW	Envase abierto Mantenimiento en Horno	Electrodos afectados por Humedad	
			Recondic. Paso 1	Recondic. Paso 2
Celulósicos Rotóricos EXX10 EXX11 EXX12 EXX13	Cellacord P/70 Cellacord AP Overcord F/M Agacord/Overcord/S	60°C ± 15	80°C ± 15 Dos horas	115°C ± 15 Una hora
Total: 3 horas				
Hierro en Polvo EXX14 EXX24 EXX27	Ferracito 24 Ferracito 27/27G	60°C ± 15	80°C ± 15 Dos horas	115°C ± 15 Una hora
Total: 3 horas				
Hierro en Polvo Bajo Hidrógeno EXX18	Supercito/Tenacito 80	204°C ± 30	80°C ± 15 Dos horas	371°C ± 55 Media hora
Total: Dos horas y media				
Bajo Hidrógeno EXX15 EXX16	Univers/CR	204°C ± 30	80°C ± 15 Dos horas	316°C ± 55 Media hora
Total: Dos horas y media				
Bajo Hidrógeno Alta Resistencia EXXX15 EXXX18	Tenacito 110	204°C ± 30	80°C ± 15 Dos horas	371°C ± 55 Media hora
Total: Dos horas y media				
Bajo Hidrógeno Doble Revestimiento E 7016 E 7018 - G E 9018 - G E 8018 - G E 10018 - G	Spezial Tenacito 60 Tenacito 65 Tenacito 70 Tenacito 75	204°C ± 30	80°C ± 15 Dos horas	371°C ± 55 Una hora
Total: Dos horas y media				
Aleaciones Especiales Inoxidables Inconel Monel/Níquel Latones Bronces Superficies duras	Citofanor Citobronce / III/AL	110°C ± 25	80°C ± 15 Una hora	177°C ± 30 Una hora
Total: Dos horas				
Fijos para Arco Sumergido	POP-100/180/250/ 350/450	177°C ± 25	No requiere	371°C ± 55 Una hora
Total: Una hora				



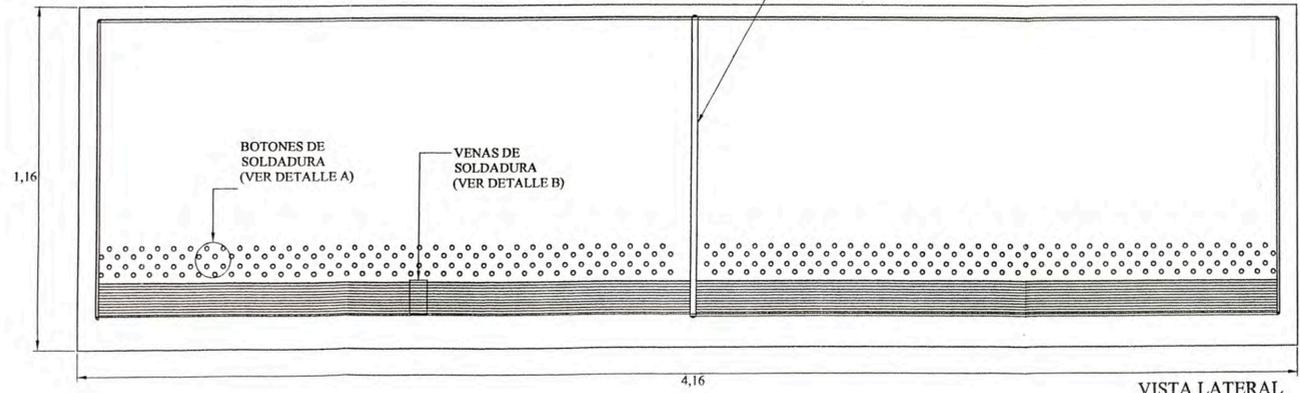
VISTA HORIZONTAL



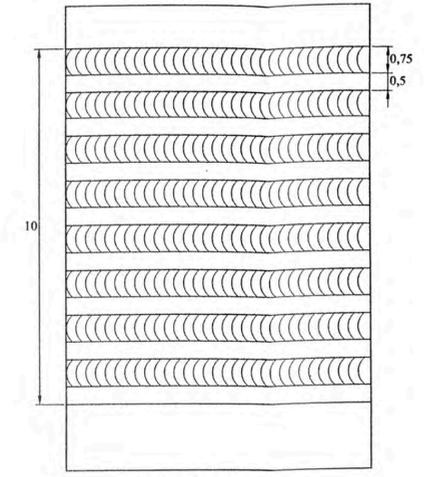
BASE LAMPON



ISTA FRONTAL



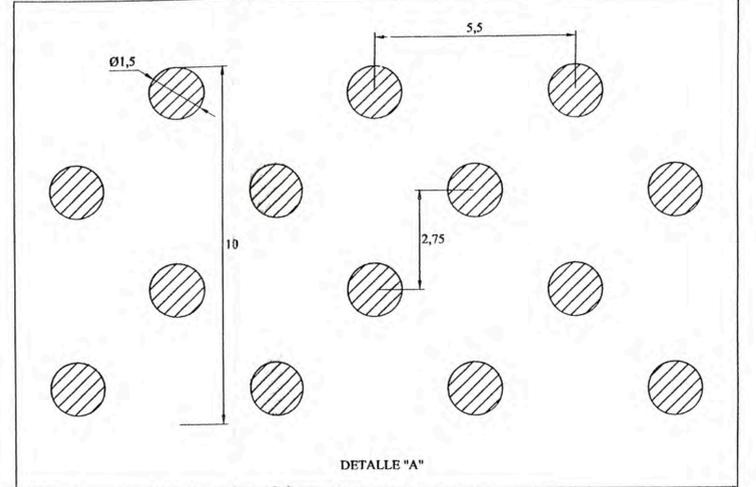
VER DETALLE DE LA JUNTA A TOPE



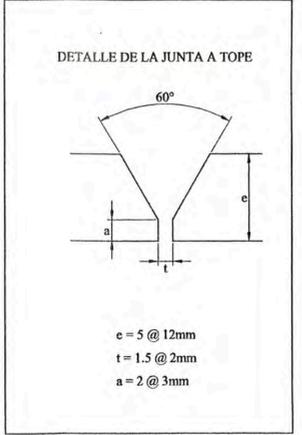
DETALLE "B"

PLANCHA
ASTM A514
2mx1m e=1"

ESCALA
1/1



DETALLE "A"



ESPECIFICACIONES TECNICAS

PLANCHA ASTM-A514 GRADO B
COMPOSICION QUIMICA

C = 0.21	Si = 0.35	Ti = 0.03
Mn = 1.0	Cr = 0.65	B = 0.005
P = 0.0035	Mo = 0.25	
S = 0.035	V = 0.08	

SOLDADURA
SUPERITO "E-7018-1"

COMPOSICION QUIMICA

C = 0.06 @ 0.08
Mn = 1.15 @ 1.35
P = 0.50 @ 0.75
S < 0.03

PROPIEDADES MECANICAS

RESISTENCIA DE TRACCION, min. lb/pulg ²	72,000
PUNTO DE CEDENCIA, min. lb/pulg ²	60,000
ELONGACION EN 2 pulg, min. %	22

CITODUR 600

ELEMENTO DE ALEACION EN EL DEPOSITO	C, Mn, Cr = 6.8%
DUREZA ROCKWELL C	62 - 65

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

NOMBRE	ROQUE BARRON	FECHA		FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
REVISADO		FIRMA		
APROBADO		FIRMA		
ESCALA 1/12.5	PROYECTO	RECUPERACION DE LAMPON		LAMINA N° M-1