



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

**COMPARACIÓN DE COSTOS DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA  
POR ARCO SUMERGIDO Y ALAMBRE GAS**

**Misael Aristides Figueroa Villatoro**

Asesorado por el Ing. Noel Carazo Orellana

Guatemala, junio de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**COMPARACIÓN DE COSTOS DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA  
POR ARCO SUMERGIDO Y ALAMBRE GAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

**MISAEAL ARISTIDES FIGUEROA VILLATORO**

ASESORADO POR EL ING. NOEL CARAZO ORELLANA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO CIVIL**

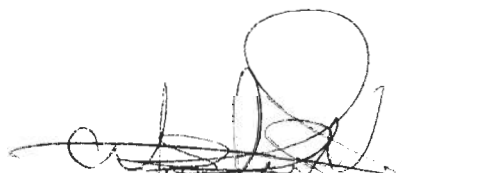
GUATEMALA , JUNIO DE 2007

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**COMPARACIÓN DE COSTOS DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA  
POR ARCO SUMERGIDO Y ALAMBRE GAS,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, el 22 mayo de 2007.



---

Misael Arístides Figueroa Villatoro

Guatemala, 15 de mayo de 2,007.

Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz  
Coordinador del Área de Materiales y  
Construcciones Civiles  
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Francisco Javier Quiñónez:

Por este medio le informo que he revisado el trabajo de graduación titulado **“COMPARACION DE COSTOS DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO Y ALAMBRE GAS”**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Misael Arístides Figueroa Villatoro, bajo la asesoría del suscrito.

El trabajo se ha desarrollado haciendo énfasis en el análisis de costos de los procesos de soldadura tanto por arco sumergido y por alambre gas, por lo tanto este estudio contribuye al conocimiento de la ingeniería, y su importancia tan valiosa en nuestro medio.

Por lo anterior, el suscrito le da su aprobación y es corresponsable de su contenido, por ello lo recomienda para su aprobación con el objeto de su graduación profesional.

Atentamente,



---

Ing. Noel Carazo Orellana  
Asesor



Guatemala, 30 de mayo de 2007

Ingeniero  
Fernando Amílcar Boiton Velásquez  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería

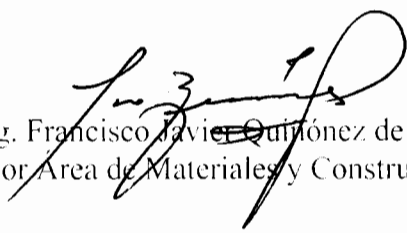
Señor Director:

Tengo el agrado de dirigirme a usted para informarle que he revisado el trabajo de graduación **COMPARACIÓN DE COSTOS DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO Y ALAMBRE GAS**, desarrollado por el estudiante universitario **Misael Arístides Figueroa Villatoro**, quien contó con la asesoría del Ingeniero Noel Carazo Orellana.

Considero que el trabajo desarrollado por el estudiante **Figueroa Villatoro** satisface los objetivos para los cuales fue planificado, por lo que recomiendo su aprobación.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Ing. Francisco Javier Quiñón de la Cruz  
Coordinador Área de Materiales y Construcciones Civiles



Ce archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Noel Carazo Orellana y del Coordinador del Área de Materiales y Construcciones Civiles, Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz, al trabajo de graduación del estudiante Misael Aristides Figueroa Villatoro, titulado COMPARACIÓN DE COSTOS DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO Y ALAMBRE GAS, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.



*Fernando Amilcar Boiton Velásquez*  
Ing. Fernando Amilcar Boiton Velásquez

Guatemala, junio 2007.

/bbdeb.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **COMPARACIÓN DE COSTOS DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO Y ALAMBRE GAS**, presentado por el estudiante universitario **Misael Arístides Figueroa Villatoro**, procede a la autorización de impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

A handwritten signature in black ink, enclosed within a hand-drawn oval shape.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
DECANO

Guatemala, junio de 2007.



/cc

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE LA JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
EXAMINADOR	Ing. Calvin Enrique Estrada Barrera
EXAMINADOR	Ing. Giovanni Rudaman Miranda Castañón
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco



## **AGRADECIMIENTOS A:**

Dios, que me dio la sabiduría, la inteligencia y lo más preciado sobre todo conocer la verdad por medio de su Santa Palabra.

Mis padres, por el apoyo incondicional a lo largo de toda mi vida, que Dios me los cuide nunca olvidaré este gran sacrificio.

Mi esposa, por su amor, paciencia y apoyo incondicional.

A la gloriosa Universidad de San Carlos de Guatemala.

Mis hermanos por sus sabios consejos.

Al ingeniero Noel Carazo Orellana, por el tiempo dedicado en este trabajo.

Mi amigo sincero Don Julio Rivera, por sus sabios consejos.

Mi gran amigo Antonio Barcarcel .

A mis amigos y a las personas que de alguna manera influyeron para alcanzar mi meta.

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>DIOS</b>	Por ser mi guía y fuente de sabiduría, en los momentos más difíciles.
<b>MIS PADRES</b>	Juan Figueroa Argueta. Graciela de Jesús Villatoro Castillo.
<b>MI ESPOSA</b>	Cenia Acevedo Martínez.
<b>MIS HIJOS</b>	Andre Figueroa Acevedo. Nahomy Pamela Figueroa Acevedo. Y a mi bebito que viene en camino.
<b>MIS HERMANOS</b>	Tono, Xiomara, Bairón.
<b>MIS FAMILIARES</b>	Mi abuelita Felipa Castillo Villatoro. Rigoberto Villatoro. Irma Villatoro. Maria de Jesús Martínez. Melvin Acevedo Martínez ( q.e.p. ).
<b>MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS</b>	Ing. Ronald Matías, Ing. Mario Roberto Cabrera, Ing. Mario López, Ing. Conlledo, y a la familia Ruano, en especial a mis pastores.

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....</b>	<b>III</b>
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>V</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>VII</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>IX</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>XI</b>
<b>1. SOLDADURA POR ELECTRODO REVESTIDO, BREVE HISTORIA DE LA SOLDADURA ELÉCTRICA.....</b>	<b>1</b>
1.1 El electrodo revestido inventado por el Ingeniero Sueco Oscar Kjellberg a principios del siglo XX.....	1
1.2 La revolución del electrodo revestido en la industria metal mecánica.....	3
<b>2. QUÉ ES EL ARCO SUMERGIDO, PROCESOS Y EXPLICACIÓN.....</b>	<b>5</b>
2.1 Electrodo para soldar. Diferentes tipos de alambres.....	5
2.2 Arena protectora o flux.....	6
2.3 Aplicaciones del arco sumergido.....	6
2.4 Análisis del costo por metro lineal de soldadura.....	7
<b>3. ANÁLISIS DEL COSTO DEL METRO LINEAL DE SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO.....</b>	<b>15</b>
<b>4. QUÉ ES LA SOLDADURA POR ALAMBRE GAS, PROCESO Y EXPLICACIÓN.....</b>	<b>17</b>
<b>5. ANÁLISIS DEL COSTO DEL METRO LINEAL DE SOLDADURA POR ALAMBRE GAS.....</b>	<b>19</b>
5.1 Descripción de las variables que se toman en cuenta.....	19
5.2 Análisis del costo integrado por metro lineal.....	23
5.3 Análisis de ecuaciones dimensionales del costo por kilogramo de soldadura.....	25

<b>6. ESQUEMA DEL CÁLCULO DE MATERIAL DE APOORTE PARA</b>	
<b>SOLDADURA EN GENERAL.....</b>	<b>27</b>
6.1 Bisel a tope, Bisel en media V, Bisel en doble V.....	28
<b>7. COMPARACIÓN DE MÉTODOS Y COSTOS.....</b>	<b>31</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>33</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>35</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>37</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1	Proceso del arco eléctrico.....	1
2	Soldadura eléctrica con electrodos de carbón.....	2
3	Proceso del arco sumergido.....	5
4	Proceso de soldadura por alambre gas.....	17
5	Pistola de soldadura de gas metal.....	32
6	Bisel doble.....	24
7	Distancia de separación de bisel.....	28
8	Bisel a media V.....	29
9	Bisel en doble V.....	30

### TABLAS

I	Mano de obra y gastos asociados.....	9
II	Cuadro de deposición y eficiencia.....	10
III	Alambre solidos (sin gas).....	11
IV	Arco sumergido.....	12
V	Mano de obra y gastos asociados para alambre gas.....	20
VI	Cuadro de deposición y eficiencia para alambre gas.....	21
VII	Alambre solidos (alambre gas) y sin gas.....	22
VIII	Arco sumergido alambre gas.....	23



## GLOSARIO

<b>Bisel:</b>	Corte oblicuo en el borde de la lámina de acero.
<b>Cordón de Soldadura:</b>	Depósito de metal de aporte hecho mediante una sola pasada de soldadura.
<b>Escoria:</b>	Sedimento de los metales.
<b>Electrodo Recubierto:</b>	Electrodo de metal de aporte que se utiliza en la soldadura de arco, formado por un alambre metálico que sirve de núcleo, y un recubrimiento relativamente grueso que da protección contra la atmósfera al metal fundido, mejora las propiedades del metal de aporte, y estabiliza el arco. El recubrimiento esta formado generalmente por polvos minerales o metálicos mezclados con celulosa.
<b>Electrodo de Carbón:</b>	Varilla de carbón o de grafito que se utiliza para soldar con arco de carbón.
<b>Flux:</b>	Arena Protectora.
<b>Fundente:</b>	Que facilita la fundición. Sustancia que se mezcla con otra para Facilitar la fusión de esta.
<b>GMAW:</b>	Soldadura de arco metálico a gas.

**Metal de Aporte:** Metal que se agrega al hacer una junta soldada con soldadura fuerte, con soldadura blanda o por soldadura eléctrica.

**SAW:** Soldadura de arco sumergido.



## RESUMEN

Este trabajo de graduación presenta una guía practica para determinar el precio del kilogramo relacionando y comparando los procesos de arco sumergido y alambre gas, y tomando en cuenta los orígenes de la soldadura.

Con relación a estos procesos de soldadura debemos tener claro que la soldadura por arco sumergido es utilizada en su mayoría en procesos de fabricación de elementos de gran tamaño y de alta productividad donde se exige soldaduras que cumpla con los criterios de la penetración completa en la unión de los elementos, y que los cordones de soldadura sean uniformes y constantes debido a los requerimientos que especifica las normas y especificaciones de la AWS (American Welding Society).

Pero si el trabajo es de menor envergadura, calidad y productividad, es preferible utilizar el sistema de gas metal que es bastante eficiente, y en algunos casos puede automatizarse para lograr uniformidades en la elaboración de los cordones de soldadura; este tipo de soldaduras requieren un alto amperaje para su ejecución por lo que no es recomendable utilizarla para soldar elementos de poco espesor ya que produce efectos como la torsión, deformación local, excede los esfuerzos permisibles del acero, y por consecuente la cristalización del acero, recordemos que en el mercado el tipo de acero comercial que mas se utiliza es el tipo A-36 y el A-50 lo que nos indica que la resistencia máxima de dichas laminas es de 36,000 lbs/plg<sup>2</sup> y de 50,000 lbs/plg<sup>2</sup> que son las resistencias a tensión de dichas laminas, por lo que al aplicarle o inducirle altas temperaturas debilitamos dicha resistencia del acero por lo que tendríamos que apegarnos a la resistencia que nos de el esfuerzo permisible tratando de no exceder estos valores para así evitar alguna perdida de resistencia en el acero. Basados en estos dos tipos de procesos de soldadura, y el tipo de trabajo que se realizara podemos con toda seguridad poder tomar una decisión tanto en proceso como en lo económico ya que la finalidad es proporcionar un trabajo seguro y competitivo que nos genere una seguridad total, lo cual lo logramos con la buena aplicación del proceso e integración de costos.



## **OBJETIVOS**

### **General**

La comparación de costos entre los procesos de soldadura por Arco Sumergido y Alambre Gas; así como también sus diversos procesos y aplicaciones.

### **Específico**

Seleccionar un proceso de soldadura de Arco Sumergido o Alambre Gas en función de los Costos y procedimientos a seguir, según sean las condiciones del caso y las alternativas que se le presente.



## **INTRODUCCIÓN**

Se realiza una comparación de costo del kilogramo de soldadura entre el proceso de Arco Sumergido Versus Alambre Gas, teniendo en consideración los diferentes factores que influyen para poderlo definir, también se tomará en cuenta los mecanismos y procesos para poder determinar qué tipo de proceso se utilizará y qué tipo de eficiencias se deben aplicar a dichos procesos.

Se planteará una breve historia de los orígenes de la soldadura, su revolución en la industria metal mecánica. Se explicaran los procesos de soldadura por arco sumergido y alambre gas.

Es importante el conocimiento de la soldadura en el ámbito de la construcción, ya que el avance de la metal mecánica ha ido creciendo a pasos agigantados, por lo que es necesario tener herramientas auxiliares en el conocimiento de la soldadura, ésto con el objeto de poder dar una diferente solución en el ámbito de la construcción. Por lo que este aporte es importante, ya que su finalidad es poder tomar una decisión factible en el área económica y tener un proceso adecuado que cumpla nuestros requerimientos en los diversos trabajos.

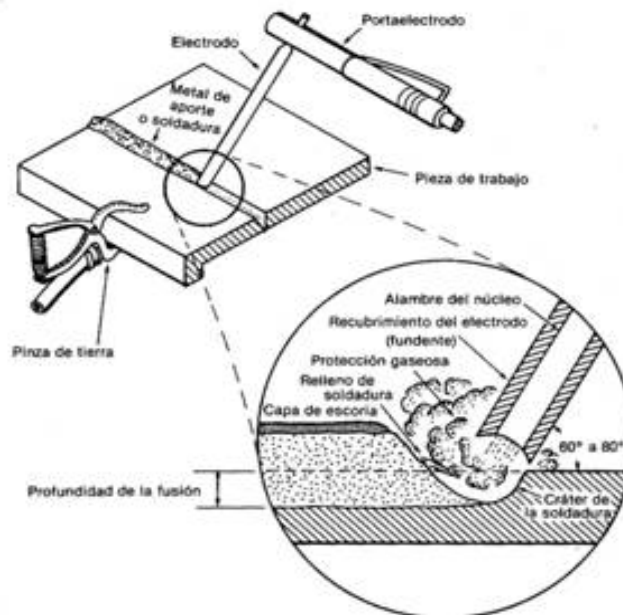


# 1. SOLDADURA POR ELECTRODO REVESTIDO, BREVE HISTORIA DE LA SOLDADURA ELÉCTRICA

## 1.1 El electrodo revestido inventado por el ingeniero Sueco Oscar Kjellberg a principios del siglo pasado

La soldadura por arco eléctrico empleando una varilla de acero (material de aporte) recubierta con capa de compuestos químicos, consisten en aplicar una corriente eléctrica entre dos piezas metálicas que se desean unir y la varilla de aporte, de manera que se forma un arco eléctrico que produce una alta temperatura con la que se funde la misma varilla y parcialmente las dos piezas a unir que una vez solidificadas en unión de la varilla forman una sola unidad.<sup>1</sup>

**Figura 1 Proceso de Arco Eléctrico**



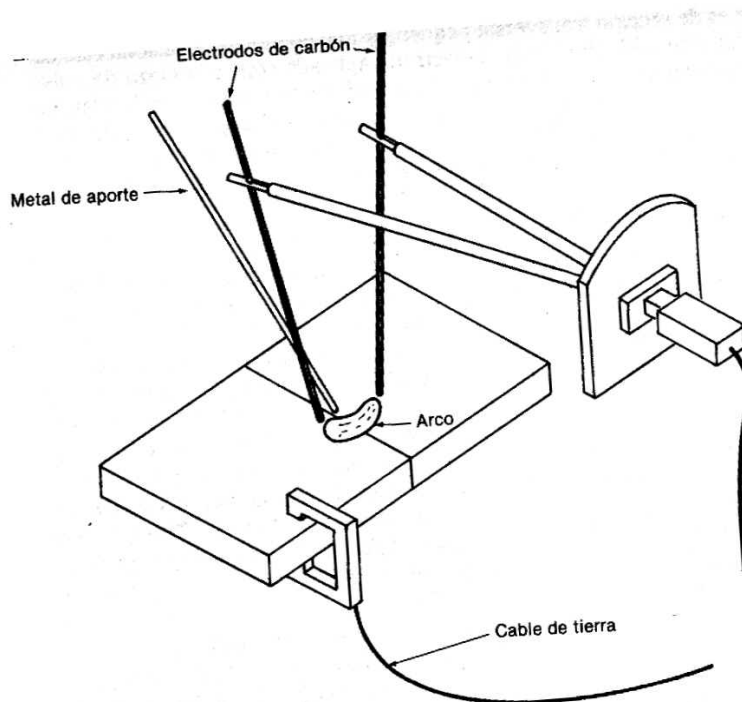
Fuente: Horwitz Henry, Soldadura Aplicaciones y Práctica. Pág. 7

<sup>1</sup> Horwitz Henry, P.E.; Soldadura: Aplicaciones y Practica, Dutchess Community Collage, Universidad del Estado de Nueva York, año 1976, pagina 6.

En la antigua Grecia se fabricaban utensilios y joyas en oro, con piezas que se unen por calentamiento y luego se martillaban. Se han encontrado artefactos que datan de unos 3000 años antes de Cristo. Se le atribuye al herrero griego Glaukos la unión de laminas de hierro por calentamiento y martilleo llamada forja, hace aproximadamente 2,500 años, lo que constituyó la primera “soldadura” de hierro.

La soldadura eléctrica la inventó el Físico inglés James Prescott Joule en los años 1840-1842, posiblemente aplicó corriente directa con electrodos no consumibles de carbón, para producir calor entre las piezas de acero a soldar aplicando luego una varilla (sin recubrimiento) como material de aporte. El problema que se presentaba entonces era la contaminación de las piezas por el oxígeno del aire.<sup>2</sup>

**Figura 2 Soldadura Eléctrica Con Electrodos de Carbón**



Fuente: Horwitz Henry, Soldadura Aplicaciones y Práctica. Pág. 108

---

<sup>2</sup> Ibid., pagina 106.



En esta época no se empleaban conductores de electricidad flexibles, lo que hacía que el proceso de la soldadura fuera difícil. En el año 1858 el físico Inglés William Thomson inventó el cable flexible lo que facilitó el proceso de soldadura.

Se debe al Ingeniero Sueco Oscar Kjellberg en el año 1905 el invento del electrodo revestido, y en su pequeño taller nace la empresa ESAB. Este recubrimiento ha evolucionado tanto que actualmente es un secreto industrial de los fabricantes de electrodos y su composición solo puede estimarse aproximadamente por análisis de soldadura acabada.

El electrodo revestido inventado por el Ingeniero Sueco Oscar Kjellberg a principios de siglo XX como se mencionó el electrodo revestido se introdujo en 1905 y su función principal era proteger el metal de aporte del medio ambiente. El ingeniero Kjellberg no imaginó la revolución que introduciría en los procesos de soldadura por arco eléctrico su idea de crear este revestimiento<sup>3</sup>.

## **1.2 La revolución del electrodo revestido en la industria metal mecánica**

Actualmente, el recubrimiento cumple diversas funciones de manera que los electrodos además de clasificarse por su resistencia mecánica se clasifican además por el componente de su revestimiento en rutilicos, celulósicos, rutilicos con polvo de hierro, básicos, etc.

El electrodo para soldadura se fabrica con una varilla de acero adecuado (material de aporte) de diferentes diámetros, la que es recubierta por la pasta del recubrimiento con una longitud de 12 pulgadas.

---

<sup>3</sup> Ibid., página 107.

Los componentes del recubrimiento que son hasta 40 minerales y sustancias como: arena de zirconio, rutilo, celulosa, caolín, mármol, etc. Mezclados en diferentes proporciones por los fabricantes constituye uno de los mayores secretos industriales, ya que cada empresa fabricante no da a conocer las proporciones en que las coloca ni el proceso de fabricación de la pasta.

Otra función es la metalúrgica que reduce la velocidad de enfriamiento de la soldadura, reduce el número de inclusiones extrañas, desoxida, desfosfora, etc.

La escoria que forman los productos del revestimiento forma una capa protectora que flota sobre la soldadura produciendo una nueva protección y ayudando al enfriamiento lento.<sup>4</sup>

---

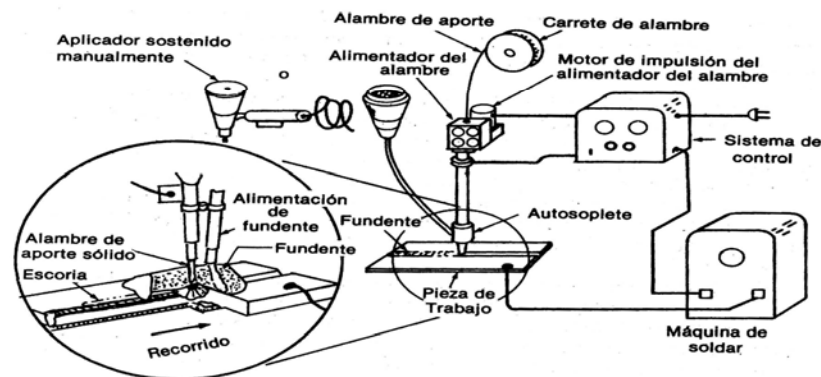
<sup>4</sup> Ibid., pagina 110.

## 2. QUÉ ES EL ARCO SUMERGIDO, PROCESO Y EXPLICACIÓN

### 2.1 Electrodo para soldar diferentes tipos de alambre

En este sistema de soldadura en lugar de emplear electrodos revestidos de 12 pulgadas de longitud se emplea como material de aporte o electrodo un alambre continuo sin recubrimiento<sup>5</sup> en la cual se tipifica el alambre de aporte, carrete de alambre, el que es impulsado hacia las platinas a soldar por un motor de velocidad variable a través de un tubo direccional. Este alambre se fabrica en diferentes diámetros y características. Para proteger el alambre y proporcionar las cualidades del revestimiento se aplica sobre las piezas a soldar un granulado fino denominado Flux que cae continuamente sobre el arco eléctrico de manera que este no se puede apreciar a simple vista. En la figura puede apreciarse un embudo que contiene este flux o fundente se solidifica sobre el cordón de soldadura proporcionando la protección necesaria a esta.<sup>6</sup>

Figura 3 Proceso del arco sumergido



Fuente: Horwitz Henry, Soldadura Aplicaciones y Práctica. Pág. 123

<sup>6</sup> Ibid., pagina 123.

El electrodo o alambre continuo para este tipo de soldadura se fabrica en diámetros desde 0.6 hasta 2.4 mm al que se agrega diferentes compuestos los que depende de la aplicación que se dará al material base. Como ejemplo, puede citarse un alambre encobrado de aleación de silicio para soldaduras de acero con límite de rotura de 52 kips/mm cuadrado, o alambre encobrado de aleación de silicio al manganeso para láminas delgadas, etc.

Para la selección correcta del alambre debe tenerse presente los agregados que el acero del material base contiene y el uso que se le dará.

## **2.2 Arena protectora o flux**

Las arenas para aplicar en arco sumergido constituyen otro secreto industrial y se ofrecen con diferentes características como polvo de soldar neutral, polvo neutral tipo fundido, tipo aglomerado con aleación de manganeso, etc.

La composición de la arena o flux se determina en forma aproximada por el análisis de la costra que forma sobre el cordón de soldadura.

## **2.3 Aplicación del arco sumergido**

Este método de soldadura tiene aplicaciones principalmente en grandes cordones de soldadura, por ejemplo, en los perímetros de uniones circulares de gran volumen, en la fabricación de vigas para techos de mucha luz, vigas para puente ya sea en uniones a tope o uniones en te, etc.

El proceso por el elevado precio del equipo no es recomendable para instalarlo en talleres pequeños.

## **2.4 Análisis del costo por metro lineal de soldadura**

El cálculo del costo de material depositado (material de aporte) es una operación difícil debido a las muchas variables que intervienen en su integración. El ingeniero de diseño debe especificar claramente el tamaño de los cordones de soldadura de acuerdo a las cargas que debe soportar, el método de soldadura y la clase de soldadura.

Los costos de soldadura pueden especificarse en dos categorías: Fijos que comprenden el manejo de materiales, preparación de la junta, colocación, punteo, precalentamiento cuando es necesario, limpieza y revisión e inspección. Y la categoría de los costos indirectos que comprenden tipo de electrodo, método de soldar, costo de mano de obra, tasa de deposición del material de aporte, eficiencia del electrodo, factor de operación, costo de materiales y costo de energía eléctrica.

Para la obtención de costos debe tenerse información confiable, la que es difícil obtener por que casi ninguna empresa metal mecánica lleva un análisis completo de las variables que intervienen en el costo de soldadura o si lo llevan difícilmente proporcionan la información.

Para facilitar el cálculo del costo del kilogramo depositado de material de aporte (soldadura) por metro lineal en forma general puede aplicarse el siguiente método.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> Unión Carbide Corporation, Division Linde, How To Do Manual Metal Inert Gas Welding, F-51-110-A 5/71.

1	<b><u>Mano de obra + indirectos</u></b> <b>(tasa de deposición)x(factor de operación)</b>
2	<b><u>valor de kilogramo de electrodo</u></b> <b>eficiencia de deposición</b>
3	<b><u>(Flujo de gas en mts3/hora)x(costo de m3)</u></b> <b>tasa de deposición</b>
4	<b><u>(costo de kilogramo de flush arco sumergido)x(1.40)</u></b> <b>Eficiencia de deposición</b>
5	<b><u>(costo por Kw/Hr)x(V)x(A)x(eficiencia de fuente)</u></b> <b>(1000)x(tasa de deposición)</b>
6	<b>costo total por kilogramo de metal depositado</b>

El costo del metro lineal depositado = Costo Kg. Depositado x Kilogramos por metro.

La mano de obra depende del convenio del trabajo que se realice con el operador. Con relación al beneficio social se refiere a las prestaciones obligatorias de la empresa, el costo indirecto se refiere a la administración del personal de la empresa. A continuación se desglosa la mano de obra y gastos asociados.

**Tabla I Mano de obra y gastos asociados**

<b>PRESTACIONES</b>	<b>RELACION</b>	<b>PROCENTAJE/DIA</b>
<b>Aguinaldo</b>	<b>30/360</b>	<b>8,33%</b>
<b>Bono 14</b>	<b>30/360</b>	<b>8,33%</b>
<b>IGSS</b>		<b>11,00%</b>
<b>Indemnizacion</b>	<b>30/360</b>	<b>8,33%</b>
<b>Vacaciones</b>	<b>15/360</b>	<b>4,17%</b>
<b>INTECAP</b>		<b>1,00%</b>
<b>IRTRA</b>		<b>1,00%</b>
<b>FERIADOS</b>		
<b>ene-01</b>	<b>1/360</b>	<b>0,28%</b>
<b>Semana Mayor</b>	<b>2.5/360</b>	<b>0,69%</b>
<b>may-01</b>	<b>1/360</b>	<b>0,28%</b>
<b>jun-30</b>	<b>1/360</b>	<b>0,28%</b>
<b>Feriado del lugar</b>	<b>1/360</b>	<b>0,28%</b>
<b>sep-15</b>	<b>1/360</b>	<b>0,28%</b>
<b>oct-20</b>	<b>1/360</b>	<b>0,28%</b>
<b>nov-01</b>	<b>1/360</b>	<b>0,28%</b>
<b>dic-25</b>	<b>1/360</b>	<b>0,28%</b>
<b>dic-31</b>	<b>0.5/360</b>	<b>0,14%</b>
<b>Domingos</b>	<b>52/360</b>	<b>14,44%</b>
<b>Sabados</b>	<b>26/360</b>	<b>7,22%</b>
<b>tiempo util del dia laborado</b>		<b>66,89%</b>

Fuente: Facultad de Ingeniería – USAC

Estos porcentajes deben tomarse del valor por hora de cada renglón, para integrarlos a los cálculos de las demás variables del costo.

<b>Mano de obra por hora</b>	<b>25%</b>
<b>Otros</b>	<b>25%</b>
<b>Costo de Administracion</b>	<b>50%</b>
<b>Costos indirectos</b>	<b>100%</b>

Se detallará a continuación la explicación de los términos expuesto con anterioridad.

## Tasa de deposición

Tasa de deposición es la cantidad en kilogramos por hora que puede depositar un electrodo. Este valor se determina en una operación continua, es decir no descontando tiempos perdidos como cambios de electrodo, limpia de sección, finalización de cordones, interrupciones al trabajo o cualquier causa.

La tasa de deposición aumenta al aumentar el amperaje de soldaje, esta tasa de deposición solo puede determinarse en forma efectiva haciendo ensayos en piezas elaboradas para este propósito las que se pesan antes de soldar y después con el material de aporte ya colocado.

El siguiente cuadro muestra las tablas<sup>8</sup> con información promedio de este proceso que son útiles para iniciar los cálculos del costo por metro de soldadura.

**Tabla II Cuadro de deposición y eficiencia (con gas)  
70T-1, 71T-5 y baja aleación**

DIAMETRO	Amperaje	Deposición Kg/hora	EFICIENCIA %
0.45	180	2.41	85
	200	2.50	86
	240	3.14	84
	280	5.91	83
0.52	190	2.18	85
	210	2.41	84
	270	3.45	83
	300	4.45	85
1/16	200	4.59	85
	275	2.35	85
	300	5.23	85
	350	6.05	86
3/32	400	5.77	86
	450	6.82	86
	500	8.41	86
1/8	600	7.36	86
	725	10.23	86
	850	13.27	85

<sup>8</sup> Union Carbide Corporation, Division Linde, How To Do Manual Metal Inert Gas Welding, F-51-110-A 5/71.



**Tabla III Alambre sólidos (MIG, MAG)<sup>9</sup>**

DIAMETRO	Amperaje	Deposición Kg/hora	EFICIENCIA %
<b>0.35</b>	<b>80</b>	<b>1.25</b>	<b>Depende del gas protector</b>
	<b>100</b>	<b>1.45</b>	<b>Depende del gas protector</b>
	<b>150</b>	<b>1.95</b>	<b>Depende del gas protector</b>
	<b>200</b>	<b>2.86</b>	<b>Depende del gas protector</b>
	<b>250</b>	<b>4.18</b>	<b>Depende del gas protector</b>
	<b>100</b>	<b>0.92</b>	<b>93 % con CO2</b>
<b>0.45</b>	<b>125</b>	<b>1.32</b>	<b>95% con mezcla de Argon</b>
	<b>150</b>	<b>1.68</b>	
	<b>200</b>	<b>2.59</b>	
	<b>250</b>	<b>3.36</b>	
	<b>300</b>	<b>4.73</b>	
	<b>350</b>	<b>6.14</b>	
<b>1/16</b>	<b>250</b>	<b>3.05</b>	
	<b>275</b>	<b>3.91</b>	
	<b>300</b>	<b>4.18</b>	
	<b>350</b>	<b>5.23</b>	
	<b>400</b>	<b>6.5</b>	
	<b>450</b>	<b>8.09</b>	

(sin gas) 70T-3, 70T-4, 70T-7, 71T-8, 71T-8-K6

CLASE Y DIAMETRO	Amperaje	Deposición Kg/hora	EFICIENCIA %
<b>70T-3</b>			
<b>3/32</b>	<b>450</b>	<b>6.36</b>	<b>88</b>
<b>70T-4</b>	<b>400</b>	<b>8.2</b>	<b>85</b>
<b>3/32</b>	<b>450</b>	<b>9.1</b>	<b>81</b>
<b>70T-7</b>	<b>350</b>	<b>5.4</b>	<b>86</b>
<b>3/32</b>	<b>480</b>	<b>6.6</b>	<b>81</b>
<b>71T-8</b>	<b>220</b>	<b>3.00</b>	
<b>3/32</b>	<b>300</b>	<b>3.1</b>	
<b>71T-8-8-kg</b>	<b>200</b>	<b>2.5</b>	<b>85</b>
<b>5/64</b>	<b>320</b>	<b>4.5</b>	<b>81</b>

<sup>9</sup> Union Carbide Corporation, Division Linde, How To Do Manual Metal Inert Gas Welding, F-51-110-A 5/71.

**Tabla IV Arco sumergido<sup>10</sup>**

DIAMETRO	Amperaje	Deposicion Kg/hora	EFICIENCIA %
3/32	400	4.27	Se asume una eficiencia de 99%
	500	5.9	
	600	7.8	
1/8	400	3.9	
	500	5.2	
	600	6.8	
	700	8.6	
5/32	500	5.1	
	600	6.4	
	700	8.3	
	800	10.0	
3/16	900	11.9	
	600	6.3	
	700	8.0	
	800	9.6	
	900	11.4	
	1000	13.3	

### **Factor de operación<sup>11</sup>**

Este factor es el porcentaje en tiempo de la jornada de trabajo que el operador ocupa realmente en la tarea de soldar, es decir colocar el material de aporte. El resto del tiempo es utilizado inicialmente en poner los equipos en posición de operar, traer de bodega el material necesario, colocarse el traje de trabajo, preparar el equipo para su operación, preparación del material base, limpieza de escoria, limpieza de equipo, etc.

Para el caso de electrodo revestido este porcentaje varia del 15 a 40%, dependiendo de la destreza del soldador.

<sup>10</sup> Union Carbide Corporation, Division Linde, How To Do Manual Metal Inert Gas Welding, F-51-110-A 5/71.

<sup>11</sup> American Welding Society, 1996, Structural Welding code-Steel, AWS, Miami, FL.

Para soldadura automática con alambre sólido o tubular (arco sumergido y el proceso de gas metal) varía de 60 a un valor cercano a 90%.

**Factores de operación recomendables para el cálculo del costo de soldadura.<sup>12</sup>**

PROCESO DE SOLDADURA	FACTOR DE OPERACION RECOMENDADO
Electrodo recubierto	30% a 35%
Arco sumergido	50% a 90%
Alambre sólido o tubular	50% a 60%

**Eficiencia de deposición**

Este factor o eficiencia de deposición es la relación de peso del metal depositado al peso del electrodo consumido. Para obtener una eficiencia de deposición lo más próxima a la realidad de preparar el metal base del ensayo y se le pesa con precisión. Se prepara el material de aporte que también se pesa antes de aplicarlo. Se procede a continuación a soldar y luego se pesan las piezas del material de aporte ya soldadas.

$$\text{EFICIENCIA DE DEPOSICIÓN} = \frac{\text{Peso neto de material depositado}}{\text{Peso del electrodo antes de aplicarse}}$$

El peso neto del material depositado se obtiene restando del peso del material base ya soldado el peso del material base antes de soldar.

**Eficiencia de fuente (ciclo de trabajo)**

La eficiencia de fuente o ciclo de trabajo es el tiempo que la máquina soldadora debe permanecer en operación para luego descansar y permitir que sus componentes eléctricos y electrónicos bajen de la temperatura que hayan alcanzado, para evitar su deterioro prematuro.

---

<sup>12</sup> Union Carbide Corporation, Division Linde, How To Do Manual Metal Inert Gas Welding, F-52-113-A 6/35.

Generalmente se acepta como un buen promedio el 60% que se aplicará para un determinado amperaje; si éste aumenta, el ciclo de trabajo baja, calculándose el nuevo valor por cierta formula matemática adecuada.

### **Costo de electrodo-alambre, gas y fundente**

Se debe tener certeza del costo real por kilogramo de electrodo así como del gas aplicado y el fundente cuando se utilice. El flujo de gas al soldar varia con la clase de gas que se utilice, en la tabla de deposición se muestran valores promedios que pueden aplicarse para una estimación de costos.

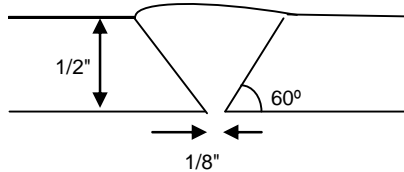
En el proceso de arco sumergido la relación de alambre y fundente es de 1 a 1 en peso y cuando se consideran perdidas por manejo de flux, la relación se considera de 1.4 kilogramos de fundente por un kilogramo de electrodo, cuando no se conocen los valores reales.

### **Costo de la energía eléctrica**

El costo de la energía eléctrica es relativamente bajo en los procesos de soldadura. En la mayoría de los casos se ha estimado que es menor de 1.50% del total del costo.

### 3. ANÁLISIS DEL COSTO DEL METRO LINEAL DE SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO

Se espera soldar a tope dos platinas de 1/2" con bisel doble en V a 60 grados en una longitud de 36.00 mts con arco sumergido, aplicando alambre de 3/32" a 500 Amperios y flux (solvente) ESAB 10-40.



Área aproximada sección de la soldadura con refuerzo: 1.50 cm cuadrados.  
 Peso de 1.00 m soldadura =  $100 \times 1.50 \times 7.85$   
 $W = 1.18$  Kg por metro, asumiendo que la densidad del acero es de 7.85 gr / centímetro cúbico.  
 Se aplicará electrodo-alambre de 3/32" intensidad a 500 Amperios, voltaje a 12.

DATOS:	mes	dia	hora	% prestaciones	salario hr x % prestaciones
Salario soldador	Q3.000,00	Q100,00	Q12,50	1,6689	Q20,86

	Mano obra/hora 25%	otros 25%	costos administrativos 50%	
Valor	Q20,86	Q20,86	Q41,72	<b>Q83,44</b> TOTAL INDIRECTOS

Costos administrativos es el 50% del total de indirectos los que incluye salarios de Gerente, Contabilidad, Bodega, Ventas, etc.

$$\text{Mano de obra + indirectos} = Q20,86 + Q83,44 = Q104,30$$

#### CÁLCULO DEL COSTO DE MATERIAL DE APORTE POR KILOGRAMO

1	$\frac{\text{Mano de obra + indirectos}}{(\text{tasa de deposición}) \times (\text{factor de operación})}$	$\frac{Q 104,30}{(5,9 \times 0,90)}$	<b>19,64 Q/Kg</b>
2	$\frac{\text{Valor de Kilogramo de electrodo}}{\text{Eficiencia de deposición}}$	$\frac{Q 22,40}{0,9}$	<b>24,89 Q/Kg</b>
4	$\frac{(\text{costo de kilogramo de flush arco sumergido}) \times (1,40)}{\text{Eficiencia de deposición}}$	$\frac{Q19,91 \times 1,40}{5,9}$	<b>4,72 Q/Kg</b>
5	$\frac{(\text{costo Kw/hora}) \times (V) \times (A) \times (\text{eficiencia de fuente})}{(1000) \times (\text{Tasa de deposición})}$	$\frac{Q1,804 \times 12 \times 500 \times 0,50}{1000 \times 5,9}$	<b>1,10 Q/Kg</b>

<b>total valor ml arco sumergido</b>	<b>Q50,35</b>
--------------------------------------	---------------



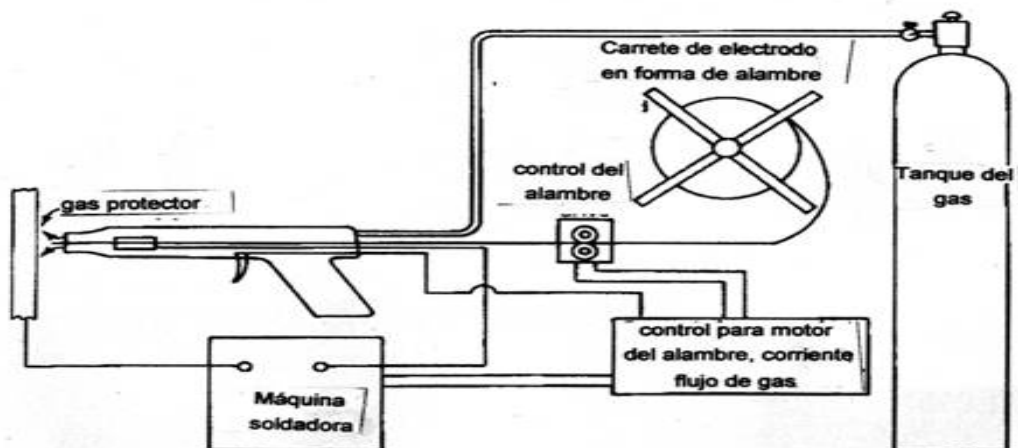
## 4. QUÉ ES LA SOLDADURA POR ALAMBRE GAS, PROCESOS Y EXPLICACIÓN

### 4.1 El revestimiento lo sustituye un flujo de gas carbónico asociado con argón

Este método de soldadura es semejante al de arco sumergido con la ventaja que las instalaciones son de menor tamaño.

Como material de aporte o electrodo también se utiliza alambre con sus respectivas características, y el flux es reemplazado por gases inertes como el anhídrido carbónico y el argón. Según el grafico indicado se puede apreciar el carrete que contiene el alambre que proporciona el alambre que fungirá como electrodo, el cual es enviado al porta electrodo o pistola por medio de dos rueditas operadas por un motor cuyo control esta ubicado juntamente con el control de corriente o amperaje y el de velocidad del flujo del gas inerte.

**Figura 4** Proceso de soldadura por alambre gas



Fuente: Horwitz Henry, Soldadura Aplicaciones y Practica. Pág. 132





## 5. ANÁLISIS DEL COSTO DEL METRO LINEAL DE SOLDADURA POR ALAMBRE GAS

### 5.1 Descripción de las variables que se toman en cuenta

Se aplicará el cuadro general para el cálculo de soldadura depositada por metro lineal.

1	$\frac{\text{Mano de obra + indirectos}}{(\text{tasa de deposición}) \times (\text{factor de operación})}$
2	$\frac{\text{valor de kilogramo de electrodo}}{\text{eficiencia de deposición}}$
3	$\frac{(\text{Flujo de gas en mts}^3/\text{hora}) \times (\text{costo de m}^3)}{\text{tasa de deposición}}$
4	$\frac{(\text{costo de kilogramo de flush arco sumergido}) \times (1.40)}{\text{Eficiencia de deposición}}$
5	$\frac{(\text{costo por Kw/Hr}) \times (V) \times (A) \times (\text{eficiencia de fuente})}{(1000) \times (\text{tasa de deposición})}$
6	costo total por kilogramo de metal depositado

Para el renglón 1 se aplicaran los siguientes cuadros:

**Tabla V Mano de obra y gastos asociados para alambre gas**

<b>PRESTACIONES</b>	<b>RELACION</b>	<b>PROCENTAJE/DIA</b>
<b>Aguinaldo</b>	<b>30/360</b>	<b>8,33%</b>
<b>Bono 14</b>	<b>30/360</b>	<b>8,33%</b>
<b>IGSS</b>		<b>11,00%</b>
<b>Indemnizacion</b>	<b>30/360</b>	<b>8,33%</b>
<b>Vacaciones</b>	<b>15/360</b>	<b>4,17%</b>
<b>INTECAP</b>		<b>1,00%</b>
<b>IRTRA</b>		<b>1,00%</b>
<b>FERIADOS</b>		
<b>ene-01</b>	<b>1/360</b>	<b>0,28%</b>
<b>Semana Mayor</b>	<b>2.5/360</b>	<b>0,69%</b>
<b>may-01</b>	<b>1/360</b>	<b>0,28%</b>
<b>jun-30</b>	<b>1/360</b>	<b>0,28%</b>
<b>Feriado del lugar</b>	<b>1/360</b>	<b>0,28%</b>
<b>sep-15</b>	<b>1/360</b>	<b>0,28%</b>
<b>oct-20</b>	<b>1/360</b>	<b>0,28%</b>
<b>nov-01</b>	<b>1/360</b>	<b>0,28%</b>
<b>dic-25</b>	<b>1/360</b>	<b>0,28%</b>
<b>dic-31</b>	<b>0.5/360</b>	<b>0,14%</b>
<b>Domingos</b>	<b>52/360</b>	<b>14,44%</b>
<b>Sabados</b>	<b>26/360</b>	<b>7,22%</b>
<b>tiempo util del dia laborado</b>		<b>66,89%</b>

Fuente: Facultad de Ingeniería – USAC

**Tabla VI<sup>13</sup> Cuadro de deposición y eficiencia  
(con gas) 70T-1, 71T-1, 71T-5 y baja  
aleación**

<b>DIAMETRO</b>	<b>Amperaje</b>	<b>Deposición Kg/hora</b>	<b>EFICIENCIA %</b>
<b>0.45</b>	<b>180</b>	<b>2.41</b>	<b>85</b>
	<b>200</b>	<b>2.50</b>	<b>86</b>
	<b>240</b>	<b>3.14</b>	<b>84</b>
	<b>280</b>	<b>5.91</b>	<b>83</b>
<b>0.52</b>	<b>190</b>	<b>2.18</b>	<b>85</b>
	<b>210</b>	<b>2.41</b>	<b>84</b>
	<b>270</b>	<b>3.45</b>	<b>83</b>
	<b>300</b>	<b>4.45</b>	<b>85</b>
<b>1/16</b>	<b>200</b>	<b>4.59</b>	<b>85</b>
	<b>275</b>	<b>2.35</b>	<b>85</b>
	<b>300</b>	<b>5.23</b>	<b>85</b>
	<b>350</b>	<b>6.05</b>	<b>86</b>
<b>3/32</b>	<b>400</b>	<b>5.77</b>	<b>86</b>
	<b>450</b>	<b>6.82</b>	<b>86</b>
	<b>500</b>	<b>8.41</b>	<b>86</b>
<b>1/8</b>	<b>600</b>	<b>7.36</b>	<b>86</b>
	<b>725</b>	<b>10.23</b>	<b>86</b>
	<b>850</b>	<b>13.27</b>	<b>85</b>

<sup>13</sup> Union Carbide Corporation, Division Linde, How To Do Manual Metal Inert Gas Welding, F-51-110-A 5/71.

**Tabla VII Alambre sólido (MIG, MAG)<sup>14</sup>**

DIAMETRO	Amperaje	Deposición Kg/hora	EFICIENCIA %	
0.35	80	1.25	Depende del gas protector	
	100	1.45	Depende del gas protector	
	150	1.95	Depende del gas protector	
	200	2.86	Depende del gas protector	
	250	4.18	Depende del gas protector	
0.45	100	0.92	93 % con CO2	
	125	1.32	95% con mezcla de Argon	
	150	1.68		
	200	2.59		
	250	3.36		
	300	4.73		
	350	6.14		
	1/16	250		3.05
		275		3.91
		300		4.18
	350	5.23		
	400	6.5		
	450	8.09		

(sin gas) 70T-3, 70T-4, 70T-7, 71T-8, 71T-8-K6

CLASE Y DIAMETRO	Amperaje	Deposición Kg/hora	EFICIENCIA %
70T-3			
3/32	450	6.36	88
70T-4	400	8.2	85
3/32	450	9.1	81
70T-7	350	5.4	86
3/32	480	6.6	81
71T-8	220	3.00	
3/32	300	3.1	
71T-8-8-kg	200	2.5	85
5/64	320	4.5	81

<sup>14</sup> Union Carbide Corporation, Division Linde, How To Do Manual Metal Inert Gas Welding, F-51-110-A 5/71.

**Tabla VIII Arco sumergido, alambre gas<sup>15</sup>**

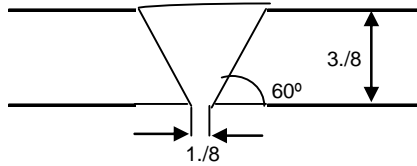
DIAMETRO	Amperaje	Deposicion Kg/hora	EFICIENCIA %
3/32	400	4.27	Se asume una eficiencia de 99%
	500	5.9	
	600	7.8	
1/8	400	3.9	
	500	5.2	
	600	6.8	
	700	8.6	
5/32	500	5.1	
	600	6.4	
	700	8.3	
	800	10.0	
	900	11.9	
3/16	600	6.3	
	700	8.0	
	800	9.6	
	900	11.4	
	1000	13.3	

## 5.2 Análisis del costo integrado por metro lineal

Se desea conocer el costo de soldadura por metro lineal cuando se sueldan dos platinas (junta) de 3/8", con unión a tope bisel doble de 60 grados, uniéndolas con gas metal, aplicando alambre desnudo de 0,52 mm, Amperaje a 300, Voltaje de 10, aplicando CO<sub>2</sub>, que origina una tasa de deposición de 4.45 kg/hora.

<sup>15</sup> Union Carbide Corporation, Division Linde, How To Do Manual Metal Inert Gas Welding, F-51-110-A 5/71.

**Figura 6 Bisel doble**



Área aproximada de la sección de la soldadura con refuerzo: 1.50 cm cuadrados.  
 Peso de 1.00 m soldadura =  $100 \times 1.50 \times 7.85$   
 $W = 1.18$  Kg por metro

<b>DATOS:</b>	mes	día	hora	% prestaciones	salario hr x % prestaciones
Salario soldador	Q2.500,00	Q83,33	Q10,42	1,6689	Q17,39

	Mano obra/hora 25%	otros 25%	costos administrativos 50%	
Valor	Q17,39	Q17,39	Q34,78	<b>Q69,56</b> <b>TOTAL INDIRECTOS</b>

Costos administrativos es el 50% del total de inidirectos los que incluye salarios de Gerente, Contabilidad, Bodega, Ventas, etc.

Mano de obra + indirectos =  $Q17,39 + Q69,56 = Q86,95$

**CÁLCULO DEL COSTO DE MATERIAL DE APORTE POR KILOGRAMO**

1	Mano de obra + indirectos	Q 86,95	<b>24,42 Q/Kg</b>
	(tasa de deposicion)x(factor de operación)	(4,45*0,80)	
2	Valor de Kilogramo de electrodo	Q 18,40	<b>4,13 Q/Kg</b>
	Eficiencia de deposicion	4,45	
3	(Flujo de gas en m3/hora)x(Costo m3)	1,00x(350/14,1)	<b>5,58 Q/Kg</b>
	Tasa de deposicion	4,45	
5	(costo Kw/hora)x(V)x(A)x(eficiencia de fuente)	Q1,804x10x300x0,60	<b>0,73 Q/Kg</b>
	(1000)x(Tasa de deposicion)	1000x4,45	

<b>total valor ml usando CO2 gas metal</b>	<b>Q34,86</b>
--	---------------

### 5.3 Análisis de las ecuaciones dimensionales del costo por kilogramo de soldadura

Se introduce a continuación un análisis de las ecuaciones dimensionales de las cantidades que se indican en las ecuaciones de 1 a 5, como una comprobación de su valor dimensional.

ECUACIONES:

$$1 = \frac{\text{mano de obra + indirectos}}{(\text{tasa de deposición}) \times (\text{factor de operación})}$$

$$1 = \frac{\text{Quetzales/Hora} + \text{Quetzales/hora}}{\text{Kilogramos/hora}} = \frac{\text{Quetzales}}{\text{Kilogramo}}$$

$$2 = \frac{\text{Valor de Kilogramo de electrodo}}{\text{Eficiencia de deposición}}$$

$$2 = \frac{\text{Quetzales/kilogramo}}{\text{Kilogramo/kilogramo}} = \frac{\text{Quetzales}}{\text{Kilogramo}}$$

$$3 = \frac{(\text{Flujo de gas en mts}^3/\text{hora}) \times (\text{Costo de mts}^3)}{\text{Tasa de deposición}}$$

$$3 = \frac{(\text{Metros}^3/\text{Hora}) \times (\text{Quetzales} \times \text{Metro}^3)}{\text{Kilogramos/Hora}} = \frac{\text{Quetzales}}{\text{Kilogramo}}$$

$$4 = \frac{(\text{Costo de Kilogramo de flux arco sumergido}) \times (1.40)}{\text{Eficiencia de deposición}}$$

$$4 = \frac{(\text{Quetzales/Kilogramo}) \times (1.40)}{\text{Kilogramo/kilogramo}} = \frac{\text{Quetzales}}{\text{Kilogramo}}$$

$$5 = \frac{(\text{Costo por Kw/hora}) \times (V) \times (A) \times (\text{eficiencia de fuente})}{(1000) \times (\text{Tasa de deposición})}$$

$$5 = \frac{\text{Quetzales/kilovatioHora} \times (V) \times (A) \times \text{Eficiencia de fuente}}{(1000) \times (\text{Kilogramos/Hora})}$$

El costo por kilogramo de soldadura depositada para arco sumergido (SAW) se obtiene sumando los resultados de las ecuaciones 1,2,4 y 5, para el proceso gas metal (MGAW) se sumara los resultados de la ecuaciones 1,2,3, y 5.





## **6. ESQUEMA DEL CÁLCULO DE MATERIAL DE APORTE PARA SOLDADURAS EN GENERAL**

Previo a enumerar la formulación de los cálculos requeridos para obtener el peso del material de aporte depositado se hace indispensable la explicación del uso de Libras y Kilogramos, de los sistemas de unidades previos al sistema universal S.I. (Sistema Internacional), en el que la unidad de masa es el Kilogramo (no es peso) y las unidades de fuerza y peso se expresa en Newton.

Actualmente, en Guatemala se aplica el Sistema Técnico de Unidades Ingles que emplea como unidad de fuerza la Libra-Fuerza teniendo este sistema como unidad de masa el Slug. Muchas empresas distribuyen electrodos y fundente (flux) tienen balanzas y romanas calibradas en Libras Fuerza o en Kilogramos Fuerza. Esta última unidad de fuerza corresponde al Sistema Técnico de Unidades Métricas en las que su unidad de masa es la unidad Técnica de Masa equivalente a una masa de 9.81 Kilogramos Masa.

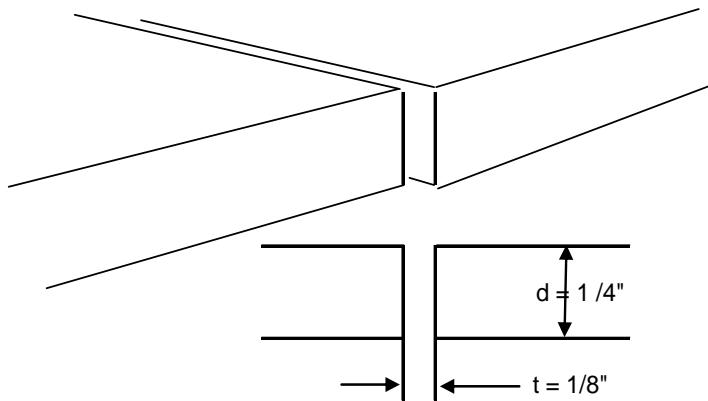
En el Sistema Técnico de Unidades Ingles la Unidad de Fuerza de una Libra Fuerza acelera al Slug masa a una aceleración de un pie por segundo al cuadrado, el Sistema Practico de Unidades Métrico, el Kilogramo-Fuerza acelera a la Unidad Técnica de Masa a razón de un metro por segundo al cuadrado.

Para el cálculo del peso depositado de material de aporte se aplicará el Kilogramo fuerza, en el que la densidad del acero es de 7850 Kg/mts<sup>3</sup> equivalente a 7.85 Gramos/cm<sup>3</sup>.

## 6.1 Bisel, a tope, bisel en media V, bisel en doble V

Para el bisel a tope este es el cálculo más sencillo de volumen de soldadura como se muestra.

**Figura 7 Distancia de separación para bisel**



Calcular el peso en kilogramos de una soldadura a tope si  $d = 0.25''$  y el espaciamento  $t = 0.125''$  en una longitud de un metro.

**DATOS:**

Tipo de soldadura	Bisel a Tope
Espesor de placas	0.25"
Separacion entre placas	0.125"
metros en analisis	1 metro
densidad del material	7.85 gramos/cm <sup>3</sup>

$$\text{Área de la union} = 0.25 \times 0.125 = 0.0313 \text{ Plg.}^2 = \mathbf{0.202 \text{ Cm}^2}$$

**Observacion:**

El refuerzo se estima en 1% del area neta de la union.

$$\text{Área union aumetanda} = 0.204 \text{ Cm}^2$$

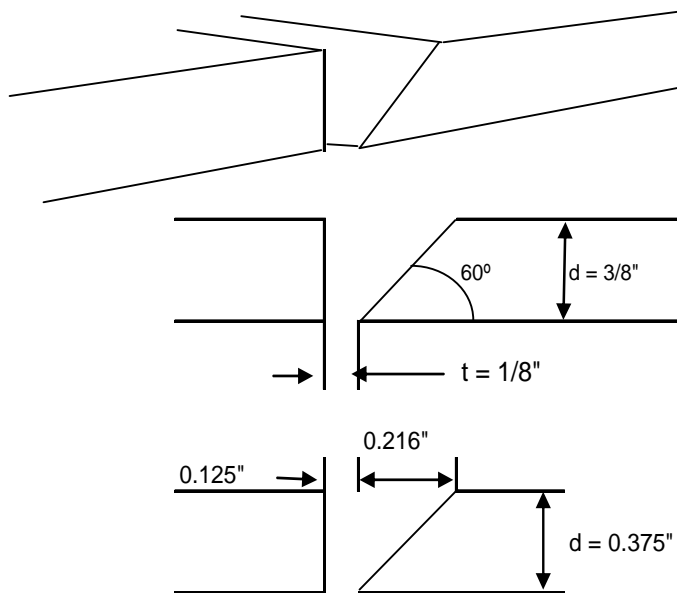
$$\text{Volumen por metro lineal} = 100 \text{ cm} \times 0.204 \text{ cm}^2 = \mathbf{20.4 \text{ Cm}^3}$$

$$\text{Peso de material de aporte} = 20.4 \text{ Cm}^3 \times 7.85 = \mathbf{160.14 \text{ gramos}}$$

$$\mathbf{0.16014 \text{ Kilogramos}}$$

## Bisel a media V

Figura 8 Bisel a media V



DATOS:	
Tipo de soldadura	Bisel a media V
Espesor de placas	0.375"
Separacion entre placas	0.125"
metros en analisis	1 metro
densidad del material	7.85 gramos/cm <sup>3</sup>

$$\text{Área de la union} = .125 \cdot 0.375 + 0.5 \cdot 0.216 \cdot 0.375 = 0.873 \text{ Plg.}^2 = 0.564 \text{ Cm}^2$$

### Observacion:

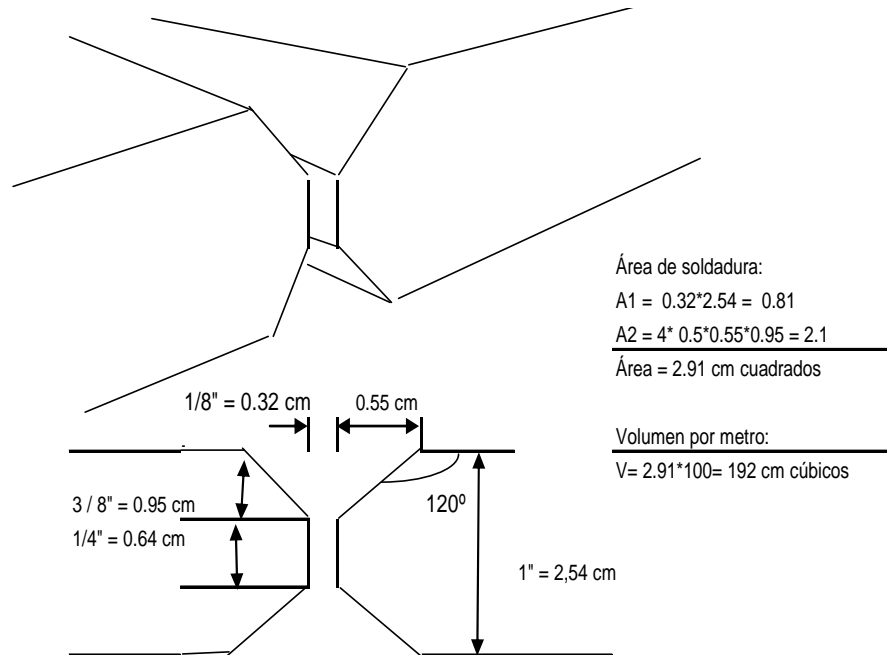
El refuerzo se estima en 1% del area neta de la union.

$$\text{Área union aumetanda} = 0.5696 \text{ Cm}^2$$

$$\text{Volumen por metro lineal} = 100 \text{ cm} \cdot 0.5696 \text{ cm}^2 = 56.96 \text{ Cm}^3$$

$$\text{Peso de material de aporte} = 56.96 \text{ Cm}^3 \cdot 7.85 = \boxed{447.134 \text{ gramos}} \\ \boxed{0.4471 \text{ Kilogramos}}$$

**Figura 9 Bisel en doble V**



**DATOS:**

Tipo de soldadura	Bisel en doble V
Espesor de placas	1"
Separacion entre placas	1/8"
metros en analisis	1 metro
densidad del material	7.85 gramos/cm <sup>3</sup>

**Área de la union** =  $A1 + A2 = 2.91 \text{ Cm}^2$

**Observacion:**

El refuerzo se estima en 10% del area neta de la union.

**Área union aumetanda** =  $3.20 \text{ Cm}^2$

**Volumen por metro lineal** =  $100 \text{ cm} * 3.20 \text{ cm}^2 = 320 \text{ Cm}^3$

**Peso de material de aporte** =  $320 \text{ Cm}^3 * 7.85 =$

**2512 gramos**  
**2.512 Kilogramos**

## 7 COMPARACIÓN DE MÉTODOS Y COSTOS

Los métodos aquí expuestos son el arco sumergido que en ingles es SAW (sumerged arc welding) el método gas metal que en ingles es GMAW ( gas metal arc welding).

### **Método de arco sumergido**

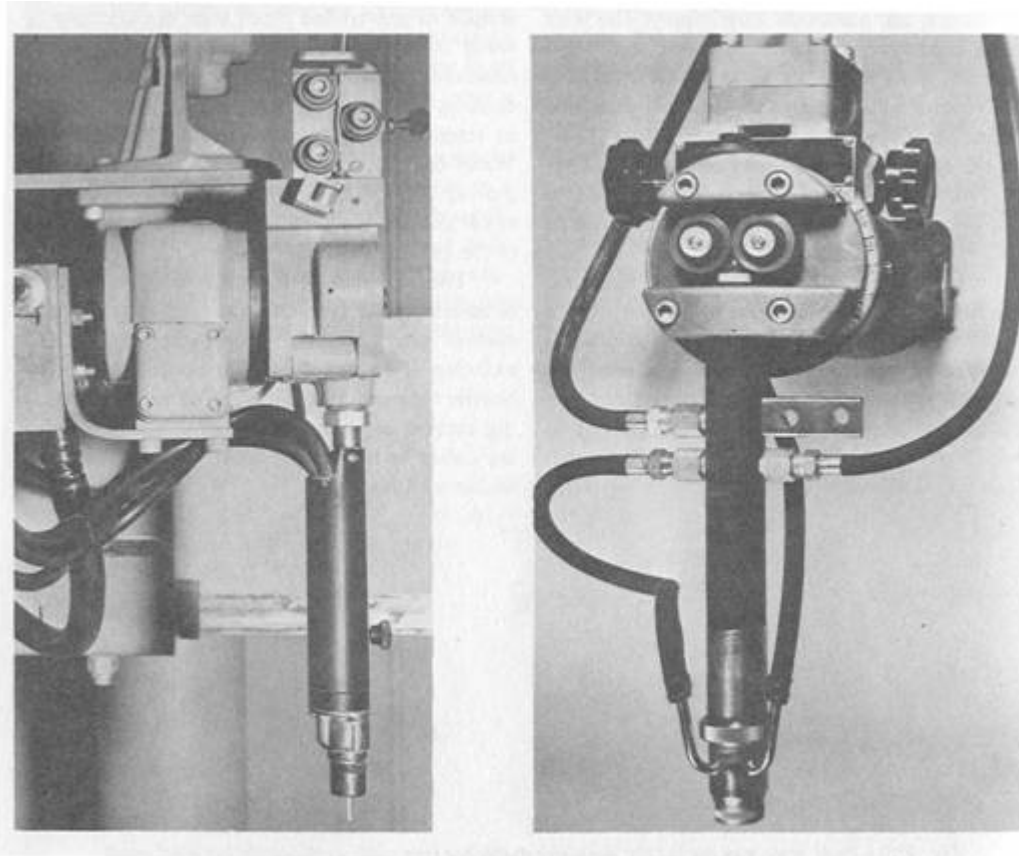
Este método es ideal para producción de vigas tipo I que requieren soldaduras de gran longitud y de tal perfección que en lo posible no contengan discontinuidades. Por la precisión del método y la buena mano de obra en el SAW se logra un producto de excelente calidad debido a la mecanización del método. Las instalaciones generalmente son de gran tamaño por lo que no es rentable para talleres o empresas pequeñas.

### **Método de gas metal**

Este método cuando es aplicado por un operador calificado produce excelentes soldaduras a pesar de que es un método manual que en algunas ocasiones es mecanizado si se requieren mucha soldadura pero no tanta como en el SAW. Este método se conocía anteriormente como método de MIG o CO<sub>2</sub>.

Los sistemas automáticos de este método se instalan en el taller de producción como parte de sus equipos de trabajo no pudiendo trasladarse a áreas de trabajo en campo como los equipos menores de GMAW. Estos equipos son iguales que los portátiles pero tienen adicionalmente instalaciones de automatización, transporte, etc. La pistola de soldadura tiene una forma diferente a los porta electrodo manual, como se muestra.

**Figura 5 Pistola de soldadura por gas metal**



**Vista lateral**

**Vista frontal**

**COMPARACIÓN DE COSTOS**

	<b>ARCO SUMERGIDO</b>	<b>GAS METAL</b>
Mano de Obra	Q20,86	Q17,39
Otros	Q20,86	Q17,39
Costos Administrativos	Q41,72	Q34,78
<b>TOTAL INDIRECTOS</b>	<b>Q83,44</b>	<b>Q69,56</b>
<u>Mano de obra + indirectos</u> (tasa de deposición)x(factor de operación)	19,64 Q/Kg	24,42 Q/Kg
<u>Valor de Kilogramo de electrodo</u> Eficiencia de deposición	24,89 Q/Kg	4,13 Q/Kg
<u>(costo de kilogramo de flush arco sumergido)x(1.40)</u> Eficiencia de deposición	4,72 Q/Kg	5,58 Q/Kg
<u>(costo Kw/hora)x(V)x(A)x(eficiencia de fuente)</u> (1000)x(Tasa de deposición)	1,10 Q/Kg	0,73 Q/Kg
<b>COSTO KILOGRAMO SOLDADURA</b>	<b>Q50,35</b>	<b>Q34,86</b>

## CONCLUSIONES

- 1 En la presente investigación se pudo determinar para soldadura de elementos constitutivos de piezas de estructuras de gran tamaño es preferible el sistema de soldadura por arco sumergido ya que por la forma mecánica y automática en que se realiza es la mas conveniente tanto en costo como en proceso.
- 2 Para estructuras medianas el sistema gas metal es bastante eficiente y en algunos puede automatizarse para aumentar la producción, pero este caso no es muy frecuente.
- 3 En la comparación teórica de costos el kilogramo de soldadura de arco sumergido es más elevado que el kilogramo de soldadura alambre gas, por que el valor del kilogramo de alambre para arco sumergido es más elevado en relación al valor del kilogramo de electrodo para gas alambre.





## **RECOMENDACIONES**

- 1 Los dos sistemas de soldadura investigados son útiles y eficientes pero el sistema de arco sumergido se recomienda para empresas de gran tamaño debido al costo del equipo de soldar, al área que ocupa para su instalación, la necesidad de puentes grúas para el manejo de las piezas componentes que se unirán y manejo de piezas ya producidas.

Se han producido equipos para soldar con arco sumergido en forma manual, pero el control de producción, calidad y eficiencia se ven comprometidos por el operador del equipo manual.

- 2 Referente al sistema gas metal investigado se hace notar que necesita un alto amperaje para su funcionamiento lo que provoca alta temperatura al unir las piezas a soldar, por lo que no es recomendable aplicarlo en láminas y platinas de poco espesor por el problema de torsión, deformación, fundición, recristalización de la estructura del acero, etc.

El uso de este sistema de soldar es aconsejable para cualquier empresa metal mecánica con la condición que el supervisor de producción y soldadura tenga suficiente conocimiento de las Normas y Técnicas que rigen este método de soldadura.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 Horwitz Henry, P.E.; **Soldadura Aplicaciones y Práctica**, 5 ed. México: Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial No. 663, 1976. 777 pp.
- 2 American Institute of Steel Construction, **Manual of Steel Construction**, 9 ed. United States of America: Printed in the United States of America. 7-8 pp.
- 3 American Welding Society, 1996, **Structural Welding Code-Steel, AWS**, Miami, FL.
- 4 McCormac, Jack C. **Diseño de estructuras de acero**, 1ª. Ed. México, Ediciones Alfa omega, S.A. de C.V., 1991
- 5 Johnston, Bruce G.; Lin, F.J.; Galambos, T.V. **Diseño básico de estructuras de acero**, 3ª ed. México, Prentice-Hall Hispanoamérica.