

# CALCULO DE COSTES CONSTRUCCIONES METÁLICAS

## Índice

---

1. Coste industrial.....	2
2. Tiempo de fabricación.....	3
3. Costes por hora de la maquinaria.....	4
4. Costes de soldadura.....	4
4.1 Costes de mano de obra en soldadura.....	4
4.2 Coste del metal de aporte.....	5
4.3 Costes materiales diversos.....	7
5. Anexos.....	8
6. Bibliografía.....	13

# 1. Coste industrial

---

Los factores que intervienen en el coste de un producto son la suma de los siguientes elementos: **la materia prima, la mano de obra directa, coste por hora de las máquinas y los gastos generales.**

**El coste de la materia prima** es casi el mismo para cada empresa de tamaño similar. Dentro del coste de la materia prima incluimos el material que se pretende transformar, así como los consumibles que se adquieren en el comercio. También se incluyen los gastos generados por la adquisición de los productos como pueden ser gastos de transporte, aranceles, comisiones etc.

**El coste de la mano de obra directa**, es la cantidad que la empresa gasta en concepto de remuneración a los operarios que se dedicaron, de forma exclusiva, a la realización de un producto determinado. Los encargados de las diferentes secciones controlan las horas destinadas, por parte de los operarios, para realizar dicho producto. Hay que tener en cuenta que dentro de este coste se incluyen las cargas sociales de la empresa, vacaciones, pagas extra, productividad, etc.

**Coste por hora de las máquinas**, es un factor importante a tener en cuenta a la hora de calcular el coste de un producto siendo imprescindible para su cálculo exacto conocer el tiempo de fabricación el cual se divide en: tiempo de operación, maniobra y preparación.

Cada empresa dispondrá de unas tablas que le servirán de ayuda para aproximarse lo más posible al tiempo real del proceso.

El cálculo se suele hacer para un período de amortización de la máquina de 10 años y un valor residual del 10%

**El coste de los gastos generales** incluye los costes de diferentes partidas o actividades, en el taller o en la oficina, que no pueden asignarse directamente a una determinada operación. Estos costes se distribuyen mediante prorrateo entre todos los trabajos efectuados por un taller o departamento, dentro de este apartado podemos encontrar:

- Salarios de directores, supervisores, inspectores, personal de mantenimiento y otros que no puedan cargarse directamente a un trabajo específico
- Alquiler y depreciación del taller y de las instalaciones,
- Costes de mantenimiento de los edificios, terrenos, impuestos sobre el taller, bienes inmuebles, equipamiento y las nóminas.
- Calefacción, luz, agua, energía y otras infraestructuras necesarias para el funcionamiento de los talleres y oficinas.
- Equipo de seguridad y de contraincendios.
- Departamentos complementarios, tales como laboratorios químicos, metalúrgicos y de proceso de datos.
- Coste de lubricantes, herramientas, etc.

Los gastos generales se deben distribuir entre los trabajos de fabricación de una u otra manera. En algunos casos se basan en el peso de acero consumido y en otros casos se prorratean de acuerdo con los gastos directos de mano de obra contra los distintos trabajos. Cuando se usa este último sistema es esencial contar con costes exactos de mano de obra de las distintas fases.

## 2. Tiempo de fabricación

Tiempo de fabricación, de un componente es la suma de tiempos invertidos en las actividades necesarias para su fabricación, teniendo en cuenta el tamaño de los lotes.

**El tiempo de producción de una pieza será igual a la suma de los tiempos de las distintas fases de producción.**

$$t_{prod} = \sum_{fases} t_{fi}$$
$$t_{fi} = t_{carga} + \sum_{op} conf + t_{no-conf} + t_{descarga} + t_{no-prod} + \frac{t_{preparación}}{n^{\circ} piezas lote}$$

$t_{carga}$ : tiempo de carga de la pieza en la máquina.

$t_{conf}$  : tiempo de conformado (tiempo de mecanizado, corte, soldeo etc)

$t_{no-conf}$  : tiempo invertido en una operación que no conforman las piezas (movimientos de la herramienta en vacío)

$t_{no-prod}$  : tiempo gastado en tareas no productivas como inspecciones, comprobaciones, reglajes, observación de documentación, etc.

$t_{preparación}$  : tiempo que se tarda en poner a punto la máquina para que pueda producir una nueva pieza correcta.

$t_{descarga}$ : tiempo de descarga de la pieza. (sacar piezas mesa de corte)

## 3. Coste por hora de la maquinaria.

Para el cálculo de coste por hora de máquina existen varios métodos. A continuación se desarrollará uno de ellos.

Primero se dividen los costes en fijos y variables.

### Costes fijos.

- Amortización de la máquina.
- Mano de obra directa.
- Dotación básica de herramientas.
- Mantenimiento específico.

### Costes variables.

- Gastos operativos que dependan del producto a fabricar (plaquitas torno/fresadora, brocas, gases de corte, energía, hilo de soldar, etc)
- Etc.

$$C_m = \left( \frac{C_{amort-año}}{n^{\circ} turnos} + n^{\circ} operarios * C_{laboral} \right) * \frac{1}{H_{disponibles} * (1 - C_{costes variables}) * t_{tasa ocupación}}$$

La amortización de la máquina puede comprender.

- Coste de la máquina.
- Coste del transporte, seguros, etc.
- Coste de la instalación: cimentación, instalación eléctrica, aire comprimido, gases, etc.
- Coste primera dotación de herramientas.

$$C_{\text{amortización año}} = C_{\text{máquina}} * \frac{(1 + \text{coste dinero})}{\text{años amortización}}$$

## 4. Costes en soldadura

---

### 4.1 Costes de mano de obra en soldadura

Cuando se realiza una construcción soldada hay dos tiempos que se deben tomar en cuenta, estos son el tiempo en el que el operador está efectivamente depositando material y los tiempos accesorios. Al primero se le conoce como duración de arco, y viene a ser el tiempo en que el soldador está depositando metal en la junta. Entre los tiempos accesorios se tiene: tiempo de ensamble, de posicionamiento y de preparación de la junta. Cuando retira un montaje de su posición o limpia una soldadura, él está necesariamente ejecutando “reiteradas” operaciones. Cuando cambia electrodos, cuando se mueve de un lugar a otro o cuando se detiene a tomar alguna bebida, él no está soldando. Las horas totales trabajadas son siempre mayores que las que las horas empleadas únicamente en soldar, y la relación entre las horas pasadas soldando y las horas totales trabajadas es conocida como factor operador.

**El factor operador o ciclo de trabajo en la soldadura al arco es la razón entre la duración de arco y un período especificado de tiempo, que puede ser un minuto, una hora, una jornada, o algún otro espacio de tiempo.**

Elevar la duración de arco incrementa la cantidad de metal de aporte depositado, por tanto, incrementa la eficiencia de la operación de soldadura. Sin embargo otras operaciones que un soldador o un operador de máquina tiene que desempeñar tales como limpiar piezas, cargar accesorios o soldar por puntos, pueden bajar el factor operador.

Un elevado factor operador no indica necesariamente bajo costo porque el procedimiento de soldadura puede requerir de una gran duración de arco. Si es que por ejemplo, se utiliza un pequeño electrodo cuando uno de mayor tamaño pudo ser usado, o un gran bisel cuando uno más pequeño pudo ser suficiente.

$$\text{Costo de mano de obra} (\$/\text{m}) = \left( \frac{\text{Sueldo del soldador } (\$/\text{hr}) \times \text{Peso del depósito } (\text{kg}/\text{m})}{\text{Velocidad de depósito } (\text{kg}/\text{hr}) \times \text{Factor operador } (\%)} \right) \text{ (Ec.4.11)}$$

Se debe realizar todo esfuerzo para **incrementar el factor operador**. La calificación de los soldadores determinan la apariencia y la calidad de la soldadura; por tanto, todo obstáculo que trabaje al soldador deberá ser removido. El trabajo deberá ser proyectado y dirigido a minimizar el esfuerzo físico y a asegurar la máxima comodidad y seguridad.

El pasar de la posición vertical o sobrecabeza a la posición plana, por ejemplo, puede significar incrementar la velocidad de soldadura. Una simple pasada de soldadura sobre planchas puede ser hecha a máxima velocidad cuando la junta está en una posición plana con el eje de soldadura en bisel inclinado.

### Factores operador para varios métodos de soldadura

Método de soldadura	Rango del factor operador(%)
Manual	5-30
Semiautomático	10-60
A Máquina	40-90
Automático	50-95

## 4.2 Coste del metal de aporte.

El peso del metal de aporte que se compra para ejecutar la soldadura o la construcción soldada es mayor que el peso del depósito del metal. Esto se aplica en la mayoría de procesos al arco, pero no para todos. Expuesto de otro modo, significa que se debe comprar más metal de aporte que lo que se deposita debido a las pérdidas en los extremos no quemados, las pérdidas en el recubrimiento o escoria, las pérdidas por salpicadura, etc. Esto se puede demostrar por la ecuación (4.1).

$$\text{Peso del metal de aporte necesario (kg)} = \left( \frac{\text{Peso del metal de soldadura depositado (kg)}}{1 - \text{Pérdida total de electrodos}} \right) \quad (4.1)$$

Esas pérdidas a veces se representan como una proporción y se denominan eficiencia de depósito o rendimiento del metal de aporte.

La eficacia del depósito es la relación del peso de soldadura depositado en la unión dividido entre el peso neto del metal de aporte que se consume, sin los extremos no quemados. Como se encuentra en la ecuación (4.2), el rendimiento del metal de aporte es la relación del peso depositado del metal de soldadura dividido entre el peso bruto del metal de aporte que se usa. Así, el rendimiento se relaciona con la cantidad de metal de aporte que se compra. El rendimiento de metal de aporte puede variar desde 50 hasta 100% para distintos tipos de electrodos y metales de aporte. Rendimiento es la palabra más adecuada porque sólo hay

extremos no quemados con los electrodos recubiertos.

$$\text{Peso del metal de aporte necesario (kg)} = \left( \frac{\text{peso del metal de soldadura depositado (kg)}}{\text{rendimiento del metal de soldadura (\%)}} \right) \quad (4.2)$$

**El electrodo recubierto** tiene un rendimiento mínimo, esto es, tiene mayores pérdidas. Estas pérdidas están constituidas por las pérdidas de los extremos no quemados, la pérdida por recubrimiento o escoria y la pérdida por salpicadura. Considerando que se pierden extremos de 5 cm, el electrodo de 35 cm tiene una pérdida por extremo no quemado de 14%; el electrodo de 45 cm (18 pulgadas) tiene una pérdida de 11%, y el electrodo de 71 cm (28 pulgadas) tiene una pérdida de 7% por extremos no quemados. Desafortunadamente, los electrodos no siempre se funden con extremos de 2". La pérdida por recubrimiento o escoria de un electrodo cubierto puede ir desde 10 hasta 50%. Los recubrimientos más delgados de un electrodo E6010 quedan en el extremo inferior de la escala, y se aproximan al 10%, mientras que el recubrimiento de un electrodo tipo E7028 se acercará al 50%. Esto se aplica aun cuando se incorpore polvo de hierro al recubrimiento. Para resultados exactos, mídase ese factor para los electrodos que se vayan a usar. La pérdida por salpicadura depende de la técnica de soldadura, pero normalmente fluctúa entre 5 a 15%. Así, es fácil ver porque los electrodos recubiertos tienen tan bajo rendimiento.

**El electrodo macizo y desnudo**, o varilla de aporte tiene el mayor rendimiento porque las pérdidas son mínimas. Normalmente, en los procesos de electrodos de alambre continuo, el carrete completo o bobina de electrodo se consume haciendo soldaduras. Se descartan los extremos del alambre, pero normalmente esto es insignificante comparado con el peso total. La pérdida por salpicadura se relaciona con el proceso y la técnica de soldadura. En de arco sumergido, se deposita prácticamente todo el metal en la soldadura. No hay salpicadura y, por tanto, la eficacia del depósito o rendimiento se acerca al 100%.

En la soldadura por arco metálico con gas hay una pérdida por salpicadura, que aproximadamente es de 5% del electrodo fundido, lo cuál da una eficacia de depósito o rendimiento del 95%. En el caso de un proceso de alambre frío, arco de tungsteno con gas, arco de plasma y arco de carbono, se usa el alambre completamente frío y se tiene rendimiento del 90% debido a los trozos no utilizados de cada una de las varillas.

**El electrodo de núcleo de fundente** tiene unas pérdidas ligeramente mayores debido a los ingredientes de fundente dentro del alambre tubular, que se consumen y se pierden como escoria. Los materiales fundentes en el núcleo representan de un 10 a un 20% del peso del electrodo. Cada uno de los tipos y tamaños tienen distintas relaciones de peso de núcleo de acero. Para tener resultados exactos hay que medir el rendimiento del electrodo por usar. Puede haber hasta 5% de pérdidas por salpicadura; por tanto, la eficacia de depósito o rendimiento de los electrodos de núcleo de fundente varía entre 75 a 85%. La eficacia de depósito o rendimiento del material de aporte y del proceso tienen un efecto importante sobre el costo del metal de soldadura depositado.

**El costo del metal de aporte se puede calcular de distintas maneras. La más común se basa en el costo por metro de soldadura, como se puede ver en la ecuación (4.3).**

$$\text{Costo del electrodo (\$/m)} = \left( \frac{\text{Precio del electrodo (\$/kg)} \times \text{metal de soldadura depositado (kg/m)}}{\text{Rendimiento del metal de aporte (\%)}} \right) \quad (4.3)$$

El precio del electrodo se puede reducir comprando en lotes de gran tamaño. En esta fórmula se puede tomar el rendimiento de la tabla 4.2. Estas son cifras promedio y deben ser suficientes para la mayoría de cálculos; sin embargo, para mayor exactitud se deben hacer mediciones reales usando los metales de aporte que se van a emplear. Hay otro método para calcular la cantidad de metal de soldadura necesario cuando se usen procesos de alambre continuo. Es adecuado para la soldadura en un solo paso. Se necesitan tres cálculos sencillos, pero el resultado final es el costo del electrodo por metro de soldadura. El primer paso es determinar la cantidad de electrodo usado, expresada como kg por hora, aplicando la ecuación

(4.4).

$$\text{Peso del metal necesario } \left( \frac{\text{Kg}}{\text{hr}} \right) = \left( \frac{\text{Velocidad de alimentación del alambre (m/min)} \times 60}{\text{Longitud del alambre por Kg (m/kg)}} \right) \quad (4.4)$$

### Variables a considerar: Eficiencia de Aportación

Relación entre el metal efectivamente depositado y la cantidad en peso de electrodos requeridos para efectuar ese depósito.

Proceso	Eficiencia deposición (%)
Electrodo manual	60-70
MIG sólido	90
MIG tubular c/protección	83
MIG tubular s/protección	79
TIG	95
Arco sumergido	98

Tabla 4.2

## 4.3 Costes de materiales diversos

### Fundente

Cuando se usa fundente hay que agregar su costo al de los materiales usados. El costo del fundente en la soldadura de arco sumergido.

En el proceso de soldadura con arco sumergido generalmente se utiliza un kilogramo de fundente por cada kilogramo de electrodo depositado. Esto constituye una relación de 1 de fundente 1 de acero. Esta relación puede cambiar con cada uno de los procedimientos de soldadura y los distintos tipos de fundente. Para calcular los costos se puede usar la relación de fundente; sin embargo, para mayor exactitud, se deben realizar pruebas con cada fundente que se use. La relación de fundente puede ser de hasta 1.5.

### Gas de protección

Cuando se usa gas de protección su costo se debe agregar a los materiales. El costo del gas se relaciona con el tiempo necesario para ejecutar la soldadura. El gas de protección generalmente se usa a un flujo especificado y se mide en metros cúbicos por hora. La cantidad de gas de protección usada sería el producto del tiempo necesario para ejecutar la soldadura multiplicado por el caudal de salida del gas. Entonces, el costo del gas se puede calcular de dos modos. Generalmente, el costo del gas se basa en el costo por metro de la soldadura.

## 5. ANEXOS:

Plantilla para el cálculo de los costes por máquina.

CLIENTE:		FECHA:		
Nº OFERTA:		Nº PIEZAS:		
REFERENCIA:				
<b>MÁQUINA</b>	<b>Tiempo de preparación (min)</b>	<b>Tiempo de ejecución (min)</b>	<b>Tarifa hora</b>	<b>Total</b>
Torno				
Fresadora				
Taladradora				
Oxicorte				
Corte plasma				
Electroesmeriladora				
Sierra cinta				
Amoladora				
Plegadora				
Prensa				
Cizalla				
Soldeo smaw				
Soldeo gmaw				
Soldeo gtaw				
Soldeo fcaw				
Soldeo saw				
Inspección				
Montaje				
Pintado				
			<b>TOTAL</b>	



## VARIOS

REFERENCIA	CANTIDAD	E/UNIDAD	TOTAL
MAETRIALES			
CONSUMIBLES			
UTITLLAJES			
TRATAMIENTOS			

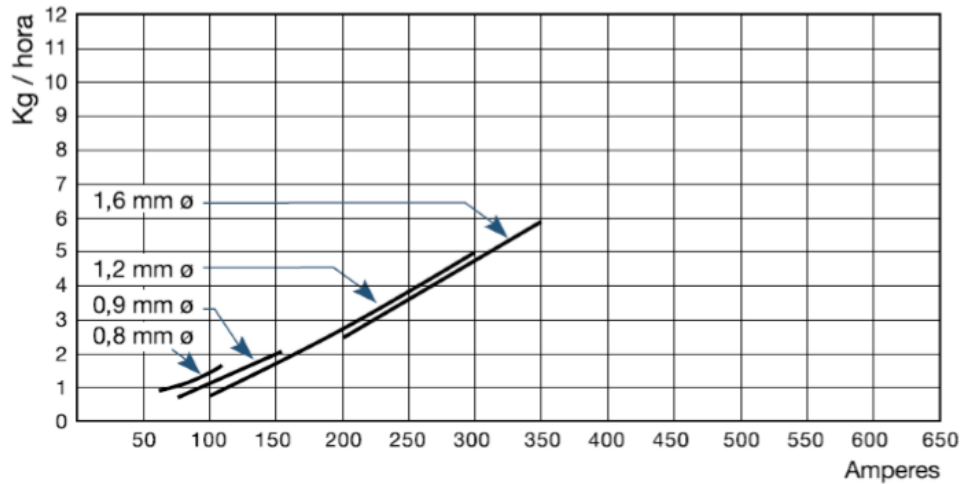
## Tiempos preparación máquinas

MÁQUINA	TIEMPO DE PREPARACIÓN
Taladradora	30
Torno horizontal	45
Fresadora	45
Plegadora	15
Cizalla	5
MIG/MAG	5
TIG	3
SMAW	2
FCAW	5
ACHAFLANADORA	2
CILINDROS CURVADORES	5
OXICORTE	7
CORTE POR PLASMA	10
BUSCAR PLANO DE TRABAJO	2
ESTUDIAR PLANO	10
BUSCAR HERRAMIENTA EN ALMACEN	3
COGER PIEZA LIGERA CON LA MANO	0.2
CONTROLAR DIMENSIÓN CON PIE DE REY	0.3
CONTROLAR DIMENSIÓN CON FLEXÓMETRO	0.3
CONTROLAR DIMENSIÓN CON MICRÓMETRO	0.5

## Variables a considerar: Velocidad de Deposición

Cantidad de material de aporte depositado en una unidad de tiempo.

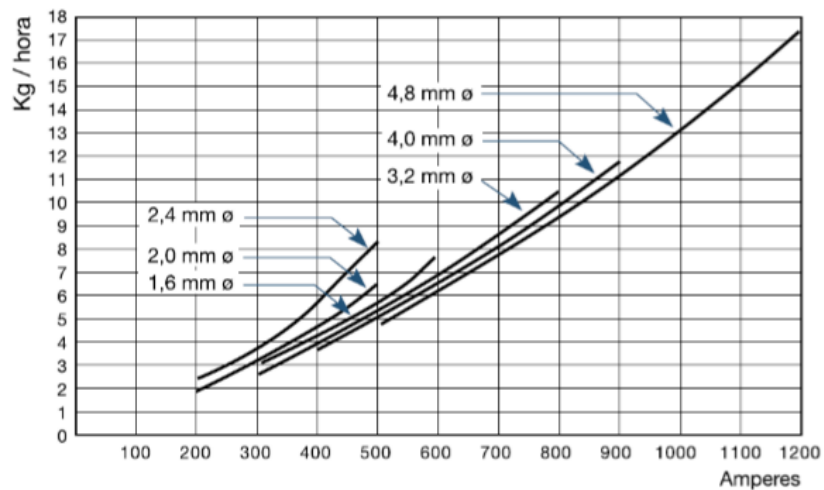
### GMAW – Mig Sólido



## Variables a considerar: Velocidad de Deposición

Cantidad de material de aporte depositado en una unidad de tiempo.

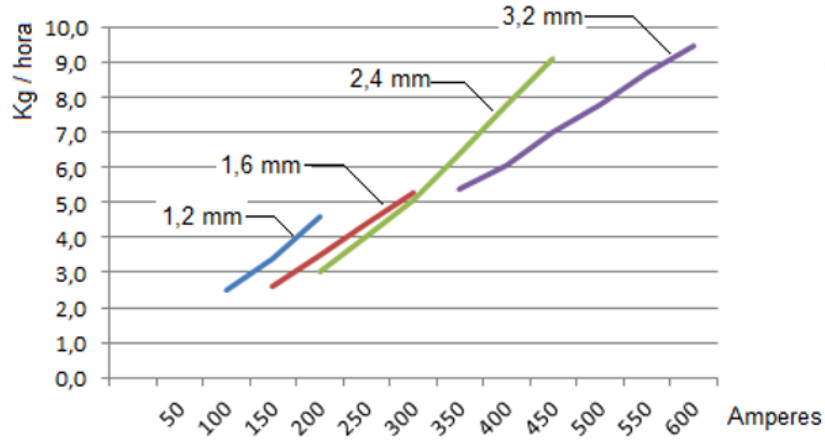
### SAW – Arco Sumergido



## Variables a considerar: Velocidad de Deposición

Cantidad de material de aporte depositado en una unidad de tiempo.

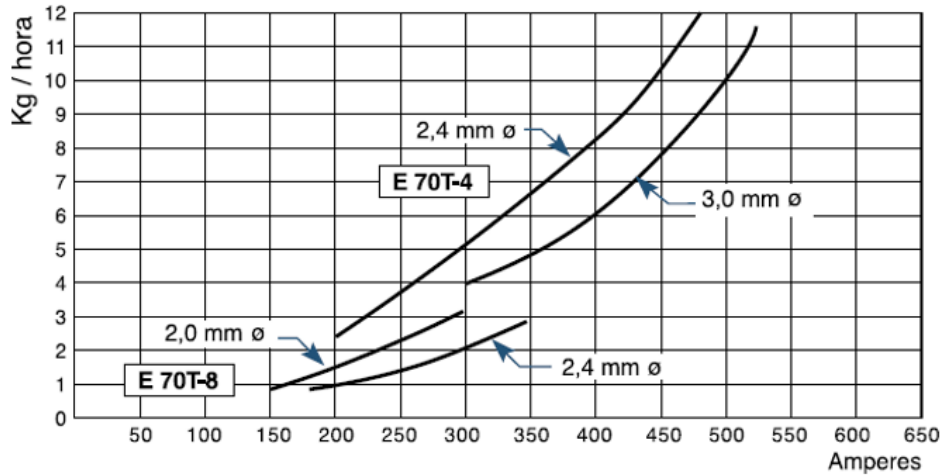
### FCAW – Mig Tubular con Protección



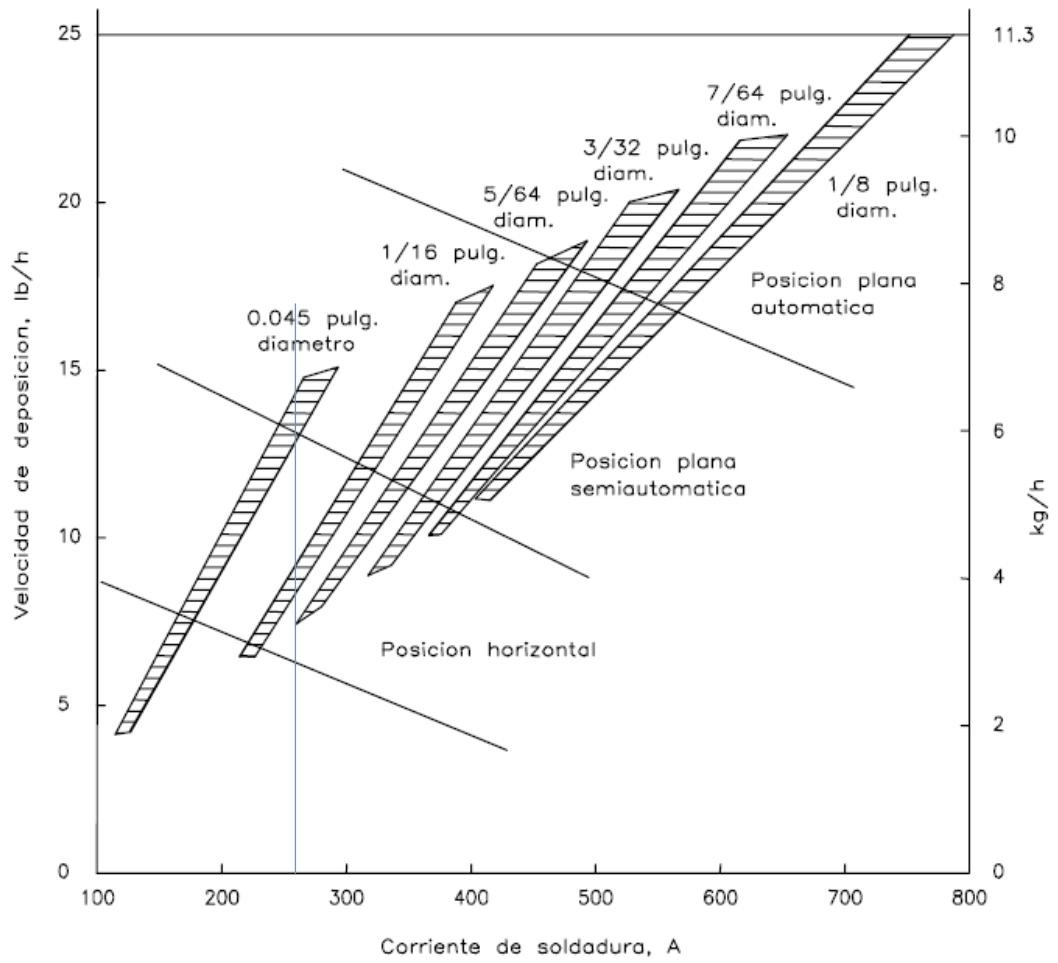
## Variables a considerar: Velocidad de Deposición

Cantidad de material de aporte depositado en una unidad de tiempo.

### FCAW – Mig Tubular sin Protección



**Velocidad de deposición Vs. Corriente de soldadura para electrodos (E70T-1) de acero dulce con CO2 como gas protector**



Variables a considerar: Flujo de Gas

Cantidad de gas necesario para protección por unidad de tiempo.

<b>Proceso</b>	<b>Flujo gas (m<sup>3</sup>/hr)</b>
MIG sólido	0,8-1,2
MIG tubular	1,0-1,4
TIG	0,5-1,0

## 6. BIBLIOGRAFÍA

---

Libro: procesos de mecanizado conformado y montaje. Autor: Enrique Ortea Varela

[www.biblioteca.udep.edu.pe/BibVirUDEP/tesis/pdf/1\\_1\\_187\\_1\\_59.pdf](http://www.biblioteca.udep.edu.pe/BibVirUDEP/tesis/pdf/1_1_187_1_59.pdf)

Publicación periódica de ESAB-CONARCO

Ficha cálculo de costes IMH

Indura: Costos de Soldadura de Carlos Lara