

**DISEÑO DE UN PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA MEDIANTE EL PROCESO
GMAW UTILIZANDO UN BRAZO ROBOTICO**

ING. ALVARO RINCON ALVAREZ

UNIVERSIDAD LIBRE

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESPECIALIZACION EN SOLDADURA

BOGOTÁ D.C

2012

**DISEÑO DE UN PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA MEDIANTE EL PROCESO
GMAW UTILIZANDO UN BRAZO ROBOTICO**

ING. ALVARO RINCON ALVAREZ

**DIRECTOR
FERNANDO ROJAS**

**UNIVERSIDAD LIBRE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACION EN SOLDADURA
BOGOTÁ D.C**

2012

NOTA DE ACEPTACIÓN

El proyecto de grado “Diseño de un procedimiento de soldadura mediante el proceso GMAW utilizando un brazo robótico.” presentado para optar el título de Especialista en Soldadura otorgado por la Universidad Libre, cumple con los requisitos establecidos y recibe nota aprobatoria.

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá, enero 23 de 2012

Dedicatoria:

A mi esposa Omaira Lucia,
mis hijos Felipe y Julián, mis
padres, hermanos,
profesores y compañeros,
quienes estuvieron
apoyándome y animándome
para alcanzar esta gran
meta.

Agradecimientos:

- Al Ing. Héctor F. Rojas y al Ing. Luis Eduardo Garavito por su buena disponibilidad, apoyo lineamientos, y conocimientos.
- Al Ing. Felipe Samper y al Ing. Javier Rodríguez por su respaldo y colaboración.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION.....	8
2. ANTECEDENTES.....	9
2.1 La soldadura por arco eléctrico.....	9
2.2 Robotización de procesos industriales.....	10
2.3 proceso GMAW.....	11
2.4 Antecedentes en Colombia.....	14
2.5. Hacia la automatización Industrial.....	14
3. JUSTIFICACION.....	16
4. DESCRIPCION DEL PROBLEMA.....	17
5. OBJETIVOS.....	18
5.1 OBJETIVO GENERAL.....	18
5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	18
6 ALCANCE DEL PROYECTO.....	19
7. MARCO TEORICO.....	20
7.1 ¿que es un robot?.....	21
7.2 Aplicaciones.....	23
7.3 industria.....	24
8. PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA.....	26
8.1 Acondicionamiento del equipo.....	26
8.2 Especificaciones del material para la prueba.....	28
8.3 PROCESO DE SOLDADURA UTILIZANDO EL BRAZO ROBOTICO.....	33

8.4 Especificación del procedimiento de soldadura (WPS)	34
8.5 PRUEBAS.....	38
9. CONCLUSIONES	48
10. REFERENCIAS.....	49
ANEXO 1. MANUAL EA 1400	50
GLOSARIO	73

INTRODUCCION.

La soldadura es una técnica de unión que garantiza, en la pieza fabricada una continuidad de las propiedades del metal base. De los procesos de soldadura por arco eléctrico de mayor difusión es el proceso GMAW (“Gas Metal Arc Welding”)

Para automatizar los procesos de soldadura es necesario contar con modelos que permitan predecir y simular el proceso de soldadura pues posibilitan aplicar, controlar y soldar con parámetros optimizados

La fabricación de la estructura metálica tiene grandes retos a corto plazo ante las necesidades del mercado cada vez más competitivos, el uso racional de los recursos tendientes a minimizar costos de producción y agilizar los ciclos de fabricación y manufactura.

La industria moderna requiere de sistemas automatizados, robotizados que contribuyan a la simplificación de los trabajos a la mejora continua y a la calidad de nuestros productos.

La soldadura robótica está experimentando una rapidísima evolución como consecuencia del veloz desarrollo de la electrónica y la informática bases sobre las que se sustentan los controles de los brazos robot.

Una característica de la robótica es la estrecha colaboración de los robots con los humanos tanto en el campo común de trabajo como en la interacción multimodal. Es un sinónimo de desarrollo y progreso.

2. ANTECEDENTES

2.1 La soldadura por arco eléctrico.

La soldadura es una unión de las distintas partes, con o sin calentamiento, aplicación de presión o aporte de material. Los procesos de soldadura por arco eléctrico comenzaron a desarrollarse industrialmente en 1912 con el electrodo revestido Strohmenger, pero no fue hasta la segunda guerra mundial cuando se utilizaron de forma generalizada. En 1935 se introduce el fundente granulado para electrodos de alambre continuo que dio paso al arco sumergido, empleando para soldaduras navales y de tuberías. En ese mismo año comenzó a utilizarse la corriente alterna, por sus indiscutibles ventajas, salvando la inestabilidad del arco características con revestimientos más fácilmente ionizables.

Es precisamente a finales de los años treinta cuando Russell Meredith desarrolla y patenta el proceso de soldadura con electrodo de tungsteno y gas inherente (TIG o GTAW) para unir aleaciones de metales muy reactivos y ligeros (aluminio y magnesio) empleados en aviación. Actualmente siguen siendo procesos de soldadura para metales reactivos (titanio y tantalio), utilizándose por la gran calidad de la unión final en todos los materiales: aceros inoxidable, aluminio, magnesio, cobre y níquel.

Aunque el proceso básico del proceso de soldadura con electrodo consumible y protección de gas (GMAW O MIG MAG) surgen en los años 20 del pasado siglo, no llega a estar disponible comercialmente hasta finales de 1948. Inicialmente se utilizó para soldar aluminio, empleando para ello gas inerte de protección, con elevadas densidades de corriente. Posteriores desarrollos redujeron estas, introdujeron la corriente pulsada y extendieron el gas de protección a mezclas reactivas, como las de CO₂. En la actualidad el GMAW se puede utilizar en modo semiautomático o automático, y se emplea para soldar la mayor parte de los metales comerciales: aceros al carbono, acero HSLA, aceros inoxidable, aluminio, cobre, aleaciones de níquel.

2.2 Robotización de procesos industriales

La palabra robot fue creada en 1920 por un escritor checo Karel Capek fallecido en 1938, en una de sus obras de teatro ("R.U.R", ROSSUM'S UNIVERSAL ROBOT), a partir del término checo "robota", que significa trabajo o prestación personal para denominar un androide construido por un sabio y capaz de llevar a cabo todos los trabajos ejecutados por un hombre. Nadie duda de que la producción en serie ha permitido la drástica reducción de los tiempos de fabricación si bien esto ha sucedido a costa de introducir condiciones de trabajo repetitivas, monótonas, alienantes y en ocasiones degradantes para quien las efectúa.

No son pocos los intentos que se han ensayado con el ánimo de modificar estas condiciones de trabajo. A modo de ejemplo tenemos la "rotación del trabajo" consiste en que los trabajadores realicen alternativamente las tareas repetitivas, o el "trabajo enriquecido", que agrega a la rotación ya descrita la ejecución de tareas repetitivas, como el mantenimiento, sin embargo los resultados obtenidos hasta el presente no justifican las expectativas iniciales. Solo una revalorización de su filosofía, cuya racionalidad consistió en haber parcelado el trabajo, simplificado "ad infinitum" cada tarea, paso previo para su automatización.

El robot surge por tanto como una consecuencia lógica del proceso de automatización de la producción, su característica fundamental, que lo diferencia de las simples máquinas automáticas, es la versatilidad, esto es, la capacidad de ser adaptado para diversas funciones a través de cambios simples en su programación o accesorios. Su desarrollo se inició en 1954 con la aparición del brazo articulado diseñado por G.Deval, que posteriormente fue modificado y considerablemente mejorado por V.Scheimeman en 1975, al desarrollar el PUMA (programable universal manipulador "arm"), actualmente los robots se pueden utilizar prácticamente en cualquier tarea mecánica que el ser humano pueda utilizar, impidiendo los costes económicos en una aplicación generalizada. Debido a esta restricción, se utilizarán industrialmente robots solo si el aumento esperado de la productividad puede justificar la inversión dentro de un plazo razonable. En soldadura podemos ver ya buenos ejemplos de robotización, justificados no solo técnica y económicamente, al mejorar la calidad y productividad, sino también por lo insalubre del proceso, aun a pesar de todas las protecciones individuales que se han desarrollado hasta la fecha.

2.3 proceso GMAW

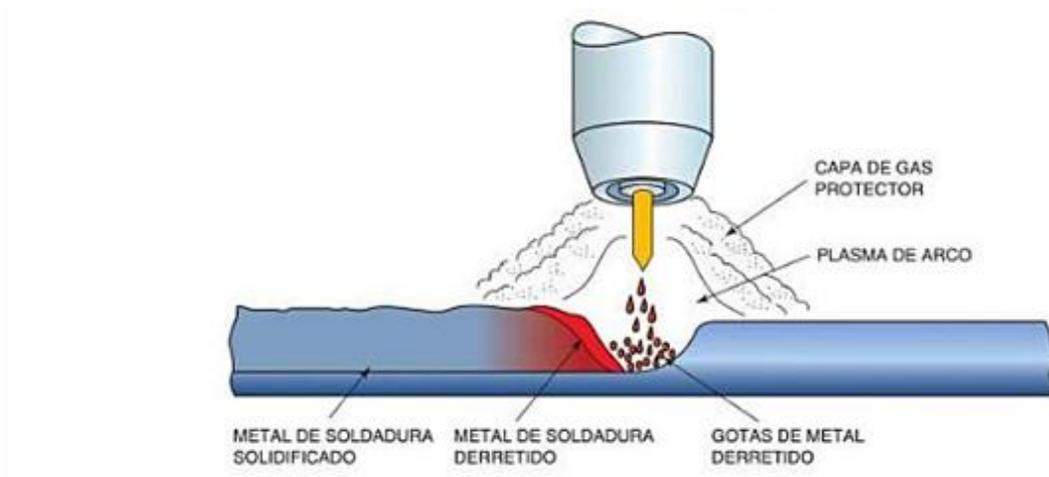


Figura 1: Soldadura por arco metálico por gas protector GMAW

Fuente: Soldadura Principios y Aplicaciones, Quinta Edición. Larry Jeffus

Como en todos los procesos de soldadura por arco (AW), la energía necesaria para fundir el material proviene de un arco eléctrico estabilizado que transporta cationes y electrones entre ánodo y cátodo a través de la columna de plasma (temperatura, forma, estabilidad) dependen del gas, el electrodo (material, geometría), y el tipo de corriente aplicada (CC, CA, pulsada...), cuando los iones chocan contra las superficies opuestas transforman su energía cinética en calor. La energía cinética de la partícula es proporcional a su masa y al cuadrado de la velocidad. Los cationes tienen una masa elevada, pero son acelerados por el campo hasta una velocidad promedio baja, alcanzando en consecuencia menor energía cinética que los electrones, más ligeros y rápidos.

Los masivos cationes son capaces de realizar un efecto decapante sobre la superficie contra las que impacten. Buena parte de la energía generada (EI/v) se transfiere a la pieza ($ftEI/v$), tanto mejor cuanto mayor es la densidad de la energía fuente, alcanzándose en AW valores de ft superiores a 0.7 parte de esta energía neta se emplea en fundir el metal base y otra se disipa por conducción, convección y radiación, calentando el metal y gas circundante.

El proceso GMAW utiliza el hilo del metal de aporte como electrodo consumible, estableciéndose el arco entre la punta de su extremo libre, que se va fundiendo en consecuencia, y la pieza. La transferencia a través de la columna de plasma no solo es iónica, sino también de gotas de material fundido más o menos atomizado.

Como consecuencia de lo anterior, el aporte de metal está relacionado con las características eléctricas del arco.

La regulación de la longitud del arco se realiza automáticamente. Normalmente la máquina posee un ajuste de la velocidad de alimentación de hilo, que se mantendrá constante durante el soldeo, de modo que, para un voltaje prefijado (longitud de arco), la corriente aumentará (fundiendo el hilo más deprisa) o disminuirá (fundiendo el hilo más despacio), cada vez que la antorcha se acerque o aleje de la pieza respectivamente. Existen algunas máquinas que utilizan una fuente de corriente constante, y en ellas un sensor de voltaje actúa sobre el alimentador de hilo, acelerándolo o frenándolo, según las oscilaciones de la antorcha. El extremo libre ("standoff"), variará por tanto durante el soldeo manual, pero apenas lo hará en el automatizado, siendo un parámetro de influencia significativo en la calidad final de la unión soldada, específicamente en el llamado arco rotatorio de alta energía. En cualquier caso, los parámetros intensidad/velocidad de hilo y tensión están relacionados por líneas de sinergia programadas en la máquina de soldadura, optimizando para cada conjunto gas-metal-diámetro-transferencia. (3)

Arco corto o cortocircuito: este tipo de transferencia produce baños de fusión pequeños, con bajos aportes térmicos adecuados para pequeños espesores. La punta fundida del electrodo consumible se introduce en el baño de fusión produciéndose pequeños cortocircuitos (entre 20 y más de 200 por segundo), durante los que el incremento de corriente, origen de la fuerza magnética radial asociada, es capaz de separar una pequeña gota de hilo, restableciéndose de nuevo el arco hasta el siguiente cortocircuito. Dado que la transferencia ocurre durante este último, el gas apenas influye en ella, aunque mezclas ricas en CO₂ mejoran la penetración, pero aumentan las proyecciones. Es un tipo de transferencia muy apropiada para soldadura en posición, por que el baño de fusión es reducido, fácil de controlar y enfría rápidamente.

Arco globular: se consigue con intensidades de corriente relativamente bajas. El hilo se va fundiendo en gotas gruesas, de un diámetro hasta tres veces mayor que el electrodo. Además, la gota al desprenderse oscila de un lado hacia el otro debido a las fuerzas magnéticas. El arco es bastante inestable, la penetración es baja y se producen numerosas proyecciones, especialmente con CO₂, por lo que es raramente utilizado.

Arco spray: es un tipo de transferencia muy estable, libre de proyecciones, que necesita mezclas gaseosas ricas en argón. Requiere polaridad inversa (DCEP) y

corriente superior al umbral, por debajo de la cual no se produce pulverización del metal. Esta corriente es proporcional al diámetro del electrodo y depende en menor medida del extremo libre y la temperatura de fusión del material. El material de aporte es proyectado en forma de micro gotas que son aceleradas fuertemente por el campo magnético, anulando el efecto gravitatorio en posición; no obstante, en baños extensos la tensión superficial puede no ser capaz de compensar la gravedad. El efecto de la polaridad inversa proporciona una enérgica acción de limpieza sobre el baño de fusión, que resulta ventajosa en la soldadura de metales activos como el aluminio y el magnesio. La penetración que se consigue es buena, por lo que es adecuado para soldar de espesor medio elevado.

Arco pulsado: una variante del sistema de transferencia spray es el arco pulsado. En el equipo de soldadura se superponen dos corrientes: una interrumpida, llamada base, y de intensidad inferior a la umbral, que mantiene el arco estable, pero es incapaz de generar gotas, y otra constituida por sucesivas pulsaciones de frecuencia entre 60 y 120 Hz, que elevan la intensidad por encima del umbral, provocando en cada pulso térmico la proyección de una o mas gotas de metal fundido. El control del aporte térmico a la soldadura es mucho mejor, siendo adecuado para espesores gruesos en posición (3).

El proceso de soldadura GMAW se puede realizar como soldadura semiautomática (SA), de máquina (ME), o automática. La soldadura robótica por arco utiliza GMAW debido a la adaptabilidad del proceso en cualquier posición (4)

(4) Soldadura Principios y Aplicaciones. Quinta Edición. Larry Jeffus.2009

Soldadura Robótica:

Es la soldadura que es llevada a cabo y controlada mediante equipo robótico. Los robots son usados donde funciones de trabajo repetitivas sean llevadas a cabo. Estos son usualmente comandados por computadora. El equipamiento electrónico es especialmente útil donde el trabajo es llevado a cabo en ambiente que no son confortables o de elevado riesgo, por ejemplo, movimiento de materiales. La soldadura de producción es una buena aplicación para el equipamiento robótico, debido a que involucra soldaduras repetitivas sobre partes de un tamaño y forma dados.

El equipamiento robótico requiere características especiales y capacidades para llevar a cabo operaciones de soldadura. Los robots de soldadura de arco son generalmente máquinas de alta precisión, que contienen comandos servomotores e interfaces especiales con el equipamiento de soldadura de arco.

Programación. Un sistema de soldadura de arco automático debe ser programado para llevar a cabo la operación de soldadura. La programación es el establecimiento de una secuencia detallada de pasos que la máquina debe seguir para soldar exitosamente el conjunto de acuerdo a las especificaciones.

(8) Technical Documents-Documentos Técnicos: Soldadura robótica

www.photomobiware.com/tech/technical32..php?psps-page 11

2.4 Antecedentes en Colombia

En Risaralda Colombia han desarrollado un robot que intenta ayudar al sector metalúrgico de la región, esta creación se logro crear gracias a la acción de otras instituciones estatales, las cuales han ayudado a financiar este proyecto que era de vital importancia para esta industria próspera región de Colombia.

El robot Acson 1305 esta especializado en soldadura, ayudando a satisfacer en lo que se refiere en precisión a los empresarios de la región, la idea de este dispositivo es también hacer un llamado al país en general para concentrar sus fuerzas en este tipo de proyectos con el fin de mejorar la calidad de los productos que producen en este país (1)

Primer robot metalúrgico hecho en Colombia
Robottica. 16 de marzo del 2011.

2.5. Hacia la automatización Industrial

Los robots industriales ocupan un lugar destacado dentro de la automatización de la producción y su protagonismo se ha ido consolidando en los últimos años. Colombia se encuentra en una etapa de oportunidades, transición y adaptación; el país cuenta con una industria todavía en desarrollo, que junto a los múltiples

esfuerzos relacionados con la robótica, en especial en las universidades y centros tecnológicos crean un escenario propicio para poder implementar esta tecnología.

Según el Ing. Juan Carlos Puentes asesor de la compañía Mavicontrol Ltda, la industria Colombiana tiene un gran déficit de automatización; por dos razones básicamente: la primera radica en el “prejuicio” de los empresarios frente al costo de la tecnología, pues suponen que robotizar sus procesos, implica una inversión muy alta. En segundo lugar históricamente había sido difícil adaptar los equipos a la industria nacional pues no se contaba con profesionales capacitados el área.

Colombia cuenta también con una compañía dedicada a la fabricación de brazos robóticos para la industria se trata de Micromac, un proyecto liderado por la Gobernación de Risaralda y la Cámara de comercio de Dosquebradas, con el apoyo de FoMipyme. Cuatro ingenieros liderados por el diseñador y desarrollador Pedro Pérez Santiago, emprendieron la tarea de construir dos tipos de equipos robotizados especiales para la industria nacional, de aplicación para la soldadura MIG-MAG (a)

(5) Revista METAL Actual www.metalactual.com.44
Tecnología Robótica. Hacia la automatización Industrial

En Colombia la robótica se ha iniciado en las Universidades y en Cali arranco en la facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle y allí ha pasado por cuatro largas etapas para lograr consolidar sus primeros resultados.

La facultad de Ingeniería se dedicó desde 1985 a trabajar en el área de la Inteligencia artificial y la robótica. Así se inicio lo que se podría llamar la semilla de la robótica y la automatización en Univalle.

En septiembre de 1987 se desarrollo el montaje, prueba, programación y operación del robot Industrial Miller MR-5
(Robot con cinco grados de libertad para soldadura tipo MIG)

(7)Publicación de Eltiempo 12 de febrero de 1996
Autor: NULLVALUE

3. JUSTIFICACION

La robótica es uno de los temas de mayor aplicación en el mundo moderno, casi no existen en la actualidad industrias, fabricas que no empleen procesos automatizados.

Aceral S.A. tiene desde el año 2005 un brazo robótico el cual se encuentra inactivo, colocar en funcionamiento este equipo, se hace imprescindible para la empresa y repercutirá en el aumento de la productividad y calidad. Se busca tener en cuenta el volumen de producción, los menores costos de producción, la reducción de la subcontratación y la disminución de los riesgos laborales.

En términos de calidad, se requiere el diseño de procedimientos de soldadura en diferentes posiciones, espesores de lámina, calidades de aceros, mezclas de protección para utilizar el brazo robótico Motoman EA1400 con sus seis grados de libertad y obtener beneficios adicionales por su versatilidad, flexibilidad y escalabilidad

Se pueden considerar proyectos o alianzas interinstitucionales que proporcionen mecanismos de ayuda y mejoramiento para su óptima utilización y aplicación tecnológica.

4. DESCRIPCION DEL PROBLEMA

Aceral S.A. en el año 2005 adquirió un equipo de soldadura con brazo robótico “Motoman EA 1400” para un proyecto específico, (fabricación de postes metálicos a partir de lámina rolada). Consistía de una unión a tope sin preparación de junta en lámina de 3 milímetros por dos metros de longitud. Los primeros dispositivos para soldar dichos tramos no fueron los adecuados. Posteriormente se instalaron otros dispositivos neumáticos que servían de apoyo en los extremos de la sección troncocónica del poste, los cuales tampoco sirvieron. En conclusión no se definieron oportunamente los requisitos previos de posicionamiento, alineamiento y nivelación del tramo a soldar. La compra del brazo robótico se realizó de manera incompleta en primera instancia el brazo robótico se consideró con dispositivo o posicionador el cual garantizaría la precisión que se requería para su adecuada utilización.

Después de muchas pruebas no se obtuvieron los resultados esperados, el brazo robótico sólo reproducía lo que se programaba, el posicionador y el armado de la sección del poste no eran los adecuados. Los equipos convencionales operados por soldadores daban mejores resultados, finalmente el brazo robótico con sus accesorios se almacenó.

Por varios años la compañía tuvo cambios organizacionales, la producción de postes metálicos disminuyó sustancialmente y el brazo robótico permaneció almacenado; hasta que bajo una nueva perspectiva de los directivos de la empresa se decidió revisar y buscar nuevamente la forma de utilizar un recurso en procura de mejorar los procesos productivos ante un mercado cada vez más competitivo y exigente.

5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar un procedimiento de soldadura con el proceso GMAW utilizando un brazo robótico.

5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Diseñar y calificar un procedimiento de soldadura utilizando el proceso de soldadura GMAW con un brazo robótico.
- Verificar el estado y funcionamiento del brazo robótico con sus accesorios.
- Realizar un mantenimiento exhaustivo del brazo robótico
- Programar un entrenamiento y capacitación especializada para los operarios.

6 ALCANCE DEL PROYECTO.

Diseñar un procedimiento de soldadura con el proceso de soldadura GMAW para aplicar soldadura en posición plana, en una lámina de acero de 4.5 mm de calidad ASTM A 36 de acuerdo con el código AWS D1.1: 2010. Utilizando un brazo robótico Motoman EA1400. Se prepararan las probetas de ensayo y evaluaran de acuerdo con el código

7. MARCO TEORICO.

La historia de la automatización industrial esta caracterizada por periodos de constantes innovaciones tecnológicas. Esto se debe a que las técnicas de automatización están muy ligadas a los sucesos económicos mundiales.

El uso de robots industriales junto con los sistemas de diseño asistidos por computadora (CAD), y los sistemas de fabricación asistidos por computadora (CAM), son la última tendencia en automatización de los procesos de fabricación y luego se cargaban en el robot. Estas tecnologías conducen a la automatización industrial a otra transición, de alcances aun desconocidos.

Aunque el crecimiento del mercado de la industria robótica ha sido lento en comparación con los primeros años de la década de los 80`s, de acuerdo a algunas predicciones se realicen completamente, o no, es claro que la industria robótica, en una forma o en otra, permanecerá.

Hay tres clases muy amplias de automatización industrial:

- Automatización fija se utiliza cuando el volumen de producción es muy alto
- Automatización programable se utiliza cuando el volumen de producción es relativamente bajo y hay una diversidad de producción a obtener
- Automatización flexible: por su parte es mas adecuada para un rango de producción medio.

En tiempo moderno más recientes, el control numérico y al telequerica son dos tecnologías importantes en el desarrollo de la robótica. El control numérico (NC) se desarrollo para maquinas herramientas a finales de los años 40 y principios de los 50. Como un nombre lo indica, el control numérico implica el control de acciones de una máquina herramienta por medio de números. Está basado en el trabajo original de Jhon Parsons, que concibió el empleo de tarjetas perforadas, que contiene datos de posiciones, para controlar los ejes de una maquina herramienta.

El campo de la telequerica abarca la utilización de un manipulador remoto controlado por un ser humano.

“un robot industrial es un manipulador multifuncional reprogramable diseñado para desplazar materiales, piezas, herramientas o dispositivos especiales, mediante movimientos variables programadas para la ejecución de una diversidad de tareas”.(6)

Clasificación de los robots

7.1 ¿que es un robot?

Un robot puede ser visto en diferentes niveles de sofisticación, depende de la perspectiva con que se mire. Un técnico en mantenimiento puede ver un robot como una colección de componentes mecánicos y electrónicos: por su parte un ingeniero en sistemas puede pensar que un robot es una colección de subsistemas interrelacionados; un programador en cambio, simplemente lo ve como una máquina que ha de ser programada; por otro lado para un ingeniero de manufactura es una máquina capaz de realizar una tarea específica. En contraste, un científico puede pensar que un robot es un mecanismo el cual se construye para crear una hipótesis. (2)

La potencia del software en el controlador determina la utilidad y flexibilidad del robot dentro de las limitantes del diseño mecánico y la capacidad de los sensores. Los robots han sido clasificados de acuerdo a su generación, a su nivel de inteligencia, a su nivel de control, a su nivel de lenguaje de programación. Estas clasificaciones reflejan la potencia del software en el controlador, en particular, la sofisticada interacción de los sensores.

(2) Monografías Francisco Armando Dueñas R
Universidad las Salle Lic. En informática, Cancún, México

Cinco generaciones son normalmente asignadas a los robots industriales:

1. Robots play – back

2. Robots controlados por sensores
3. Robots controlados por visión
4. Robots controlados adaptablemente
5. Robots con inteligencia artificial

La asociación de robots japonesa (JIRA) ha clasificado a los robots dentro de 6 clases sobre la base de su nivel de inteligencia.

1. Dispositivos de manejo manual, controlado por una persona
2. Robots de secuencia arreglada
3. Robots de secuencia variable, donde un operador puede modificar la secuencia fácilmente
4. Robots regeneradores, donde el operador humano conduce el robot a través de la tarea
5. Robots de control numérico donde el operador alimenta la programación del movimiento, hasta que se enseñe manualmente la tarea
6. Robots inteligentes, los cuales pueden entender e interactuar con cambios en el medio ambiente

Los programas en el controlador del robot pueden ser agrupados de acuerdo al nivel de control que realizan.

- Nivel de inteligencia artificial
- Nivel de modo de control
- Nivel de servosistemas

En la clasificación final se considerara el nivel del lenguaje de programación. La clave para la aplicación efectiva de los robots para una amplia variedad de tareas. Es el desarrollo de lenguajes de alto nivel. Existen muchos sistemas de programación de robots, aunque la mayoría del software más avanzado se encuentra en los laboratorios de investigación. Los sistemas de programación de robots caen dentro de 3 clases:

1. Sistemas guiados; en el cual el usuario conduce el robot a través de los movimientos a ser realizados.

2. Sistemas de programación de nivel-robot, en los cuales el usuario escribe un programa de computadora al especificar el movimiento censado.
3. Sistemas de programación de nivel- tarea, en el cual el usuario especifica la operación por sus acciones sobre los objetos que el robot manipula.

7.2 Aplicaciones

Los robots son utilizados en una diversidad de aplicaciones, desde robots tortugas en los salones de clase, robots soldadores en la industria automotriz, hasta brazos tele operadores en el transbordador espacial.

Cada robot lleva consigo su problemática propia y sus soluciones afines; no obstante que mucha gente considera que la automatización de procesos a través de robots esta en sus inicios, es un hecho innegable que la introducción de la tecnología robótica en la industria, ya ha causado un gran papel preponderante.

Es necesario hacer mención de los problemas de tipo social, económicos e incluso políticos, que puede generar una mala orientación de robotización de la industria. Se hace indispensable que la planificación de los recursos humanos, tecnológicos y financieros se realicen de una manera inteligente.

Por lo contrario la robótica contribuirá en gran medida al incremento del empleo ¿pero, como se puede hacer esto? Al automatizar los procesos en maquinas mas flexibles, reduce el costo de maquinaria, y se produce una variedad de productos sin necesidad de realizar cambios importantes en la forma de fabricación de los mismos. Esto originara una gran cantidad de empresas familiares (pymes) lo que provoca la descentralización de la industria.

7.3 industria.



Figura 2: soldadura robótica con el proceso GMAW.

Fuente: Soldadura Principios y Aplicaciones Quinta edición. Larry Jeffus

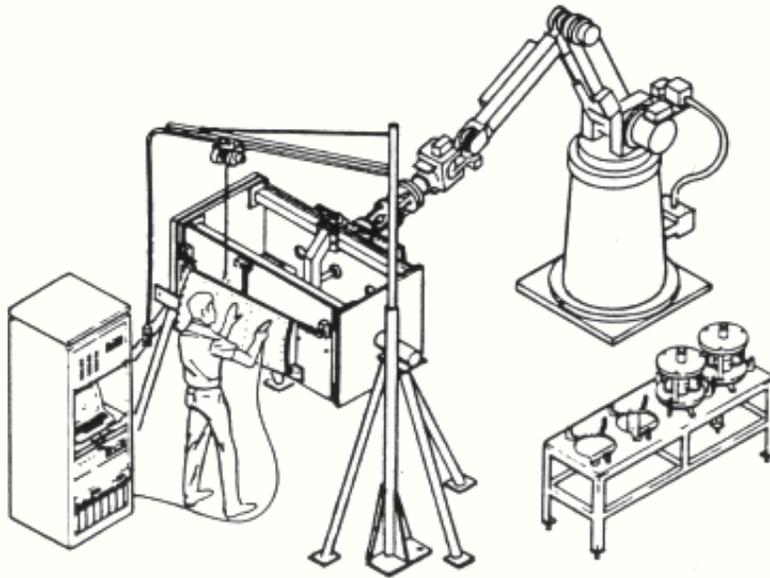


Figura 3. Soldadura por arco (GMAW)

Fuente: Monografías Francisco Armando Dueñas R
Universidad las Salle Lic. En informática, Cancún, México

Los robots son utilizados por una diversidad de procesos industriales como lo son: la soldadura de punto y soldadura de arco, pinturas de spray, transporte de materiales, molienda de materiales, moldeado en la industria plástica maquina herramienta y otras más.

A continuación se hará una breve explicación de algunas de ella:

7.3.1 soldadura por puntos.

Como el término lo sugiere, la soldadura por puntos es un proceso en el que dos piezas se sueldan en puntos localizados al hacer pasar una gran cantidad de corriente eléctrica a través de las piezas donde se efectúa la soldadura

7.3.2 soldadura por arco continuo

La soldadura por arco es un proceso de soldadura continua en oposición a la soldadura por puntos. La soldadura de arco continuo se utiliza para obtener uniones largas o grandes uniones en las cuales, a menudo se necesita un cierre hermético entre las piezas de metal que se va a unir. El proceso utiliza electrodo en forma de barra o alambre de metal para suministrar la alta corriente eléctrica.()

8. PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

8.1 Acondicionamiento del equipo



Figura 4. Equipo brazo mecánico robótico de Aceral MOTOMAN EA 1400 proceso de revisión, alistamiento y mantenimiento.
Fuente: fotografía tomada por el autor con autorización de Aceral S.A.



Figura 5. Prueba y puesta a punto de los equipos auxiliares: fuente de poder y controlador.
Fuente. Fotografía tomada por el autor con autorización de Acelal S.A.



8.2 Especificaciones del material para la prueba.

Figura 6. Medición de espesores de láminas para pruebas
Fuente: fotografía tomada por el autor con autorización de Aceral S.A..
Lámina ASTM A 36 de espesor 4.5 mm

- **AJUSTES DE PARAMETROS**



Figura 7. Mezcla de gases utilizados, Argón- CO2
Fuente. Fotografía tomada por el autor con autorización de Aceral S.A.



Figura 8. Medición del caudal de la mezcla del gas protector
Fuente. Fotografía tomada por el autor con autorización de Aceral S.A.



Figura 9. Revisión y alistamiento de conexiones y equipos.
Fuente. Fotografía tomada por el autor con autorización de Aceral S.A.



Figura 10. Parámetros eléctricos utilizados en la fuente de soldadura (Miller)
Fuente: Fotografía tomada por el autor con autorización de Aceral S.A.



Figura 11. Visualización de datos.

Fuente: Fotografía tomada por el autor con autorización de ACERAL S.A.



Figura 12: Verificación de las coordenadas (programación)

Fuente. Fotografías tomadas por el autor con autorización de Aceral S.A.



Figura 13. Robot iniciando el proceso de soldadura.
Fuente. Fotografía tomada por el autor con autorización de Aceral S.A.

8.3 PROCESO DE SOLDADURA UTILIZANDO EL BRAZO ROBOTICO



Figura 14. Robot avanzando y finalizando el proceso de soldadura.
Fuente. Fotografía tomada por el autor con autorización de Aceral S.A.

El procedimiento se realizó de acuerdo con el código AWS D1.1:2010 se cortaron las platinas y se dispusieron en una mesa de trabajo. Se programó y se dieron los parámetros de acuerdo con el diseño del WPS.

8.4 Especificación del procedimiento de soldadura (WPS)

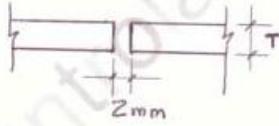
	ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)	GC-FOR-26 Vigente a partir de 12/01/2010 Versión 1 Pág. 1 / 2
CLIENTE _____ ELABORADO POR <u>ALVARO KINCON AWAZEZ</u> WPS No. <u>AC-GM-042</u> FECHA <u>8/11/2011</u> SOPORTADO POR PQR No. (S) _____ REVISIÓN No. <u>0</u> PROCESO(S) DE SOLDADURA <u>GMAW</u> FECHA: _____ TIPOS (MANUAL, AUTOMÁTICA, SEMIAUTOMÁTICA) <u>AUTOMÁTICA</u>		
JUNTAS (QW-402) DISEÑO DE LA JUNTA <u>Junta a Tope</u> BACKING (SI) _____ (NO) _____ TIPO DEL MATERIAL DEL BACKING _____ <input checked="" type="checkbox"/> WELD METAL METAL NO FUNDIDO <input type="checkbox"/> NO METÁLICO OTROS		DETALLES 
METAL BASE (QW-403) P.No. _____ GRUPO No. <u>I</u> AL P.No. _____ GRUPO No. <u>I</u> O _____ ESPECIFICACIÓN Y GRADO <u>ASTM A 36</u> A ESPECIFICACIÓN Y GRADO _____ O _____ ANÁLISIS QUÍMICO Y PROPIEDADES MECÁNICAS A ANÁLISIS QUÍMICO Y PROPIEDADES MECÁNICAS _____ RANGO DE ESPESORES: _____ METAL BASE _____ BISEL <u>3-9 mm</u> FILETE <u>F</u> RANGO DE DIAM. DE TUBO _____ BISEL _____ FILETE _____ OTRO _____		
METALES DE APORTE (QW-404)		
ESPEC. No. (SFA) _____	<u>5.18</u>	_____
AWS No. (CLASE) _____	<u>ER 70S-6</u>	_____
F No. _____	<u>6</u>	_____
A No. _____	<u>-</u>	_____
DIÁMETRO DEL ELECTRODO _____	<u>0.035"</u>	_____
RANGO DE ESPESORES DEL METAL DEPOSITADO:		
BISEL _____	<u>3-9 mm</u>	_____
FILETE _____		_____
CLASE DE ELECTRODO DEL FUNDENTE _____	<u>NA</u>	_____
MARCA DEL FUNDENTE _____	<u>NA</u>	_____
OTROS _____	<u>-</u>	_____

Figura 15. Formato especificación de procedimiento de soldadura.
 Fuente. Elaborado por el autor.

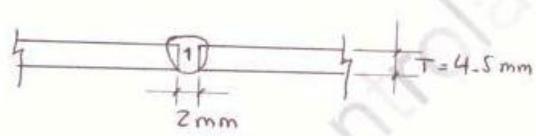
		REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO (PQR)		GC-FOR-25 Vigente a partir de 12/01/2010 Versión 1 Pág. 1 / 2																	
CLIENTE REGISTRO DE CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO No. <u>AC-PQR-042</u> FECHA _____ ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA No. <u>AC-6M-042</u> PROCESO(S) DE SOLDADURA <u>GMAW</u> TIPOS (MANUAL, AUTOMÁTICA, SEMIAUTOMÁTICA) <u>AUTOMÁTICA</u>																					
JUNTAS (QW-402) DISEÑO DEL BISEL DE LA PROBETA <table border="1" style="display: inline-table; margin-right: 20px;"> <tr> <td>tabla</td> <td>A</td> <td>V</td> </tr> <tr> <td></td> <td>249</td> <td>22.5</td> </tr> <tr> <td></td> <td>254</td> <td>22.3</td> </tr> <tr> <td></td> <td>244</td> <td>22.4</td> </tr> <tr> <td></td> <td>235</td> <td>22.4</td> </tr> </table> 						tabla	A	V		249	22.5		254	22.3		244	22.4		235	22.4	
tabla	A	V																			
	249	22.5																			
	254	22.3																			
	244	22.4																			
	235	22.4																			
METAL BASE (QW-403) ESPECIFICACIÓN DE MATERIAL <u>ASTM A 36</u> TIPO O GRADO _____ P-No. <u>1</u> AL P-No. <u>6200 1</u> ESPESOR DE LA PROBETA <u>4.5 mm</u> DIÁMETRO DE LA PROBETA _____ OTROS _____			TRATAMIENTO TÉRMICO DESPUÉS DE SOLDADO (QW-407) TEMPERATURA <u>N.A</u> TIEMPO <u>N.A</u> OTROS _____																		
METALES DE APORTE (QW-404) ESPECIFICACIÓN SFA <u>518</u> CLASIFICACIÓN AWS <u>ER 70S-6</u> METAL DE APORTE F No. <u>6</u> ANÁLISIS A No. <u>N.A.</u> DIÁMETRO DEL ELECTRODO <u>0.035"</u> OTROS _____ ESPESOR DEL METAL DEPOSITADO <u>0.175"</u>			GAS PROTECTOR (QW-408) COMPOSICIÓN % <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th></th> <th>GAS(ES)</th> <th>MEZCLA</th> <th>RATA DE FLUJO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DE PROTECCIÓN</td> <td>Ar-CO₂</td> <td>80-20</td> <td>16 lt/min</td> </tr> <tr> <td>DE ARRASTRE</td> <td>-</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>DE RESPALDO</td> <td>-</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				GAS(ES)	MEZCLA	RATA DE FLUJO	DE PROTECCIÓN	Ar-CO ₂	80-20	16 lt/min	DE ARRASTRE	-			DE RESPALDO	-		
	GAS(ES)	MEZCLA	RATA DE FLUJO																		
DE PROTECCIÓN	Ar-CO ₂	80-20	16 lt/min																		
DE ARRASTRE	-																				
DE RESPALDO	-																				
POSICIÓN (QW-405) POSICIÓN DEL BISEL <u>1G</u> PROGRESIÓN DE SOLDADURA (VERTICAL ASCENDENTE, VERTICAL DESCENDENTE) <u>N.A</u> OTROS _____			CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS (QW-409) CORRIENTE <u>DC</u> POLARIDAD <u>REVERSE</u> AMPERIOS <u>ver tabla A V</u> VOLTIOS <u>ver tabla A V</u> DIAM. DEL ELECTRODO TUNGSTENO <u>N.A</u> OTROS _____																		
PRECALENTAMIENTO (QW-406) TEMPERATURA _____ TEMP. ENTRE PASES _____ OTROS _____			TÉCNICA (QW-410) VELOCIDAD DE AVANCE _____ RECTO U OSCILADO <u>RECTO</u> OSCILACIÓN _____ PASE MÚLTIPLE O SIMPLE (POR CADA LADO) <u>SIMPLE</u> SIMPLE O MÚLTIPLES ELECTRODOS _____ OTROS <u>SIMPLE</u>																		

Figura 17. Registro de calificación de procedimiento.(PQR)

Fuente: elaborado por el autor.

		REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO (PQR)				GC-FOR-25 Vigente a partir de DD/MM/AAAA Versión 1 Pág. 2/ 2		
PRUEBA DE TENSIÓN (QW-150)								
PROBETA No.	ANCHO	ESPESOR	ÁREA	CARGA ÚLTIMA	ESFUERZO TOTAL ÚLTIMO	TIPO DE FALLA Y LOCALIZACIÓN		
T1	0.8020	0.1725	0.1383	9154 lb	66169 psi	R.F.S.		
T2	0.7880	0.1730	0.1363	9014 lb	66124 psi	R.F.S.		
PRUEBA DE DOBLEZ (QW-106)								
TIPO Y FIGURA No.				RESULTADO				
DOBLAMIENTO GUIADO DE CARA C2				SIN DISCONTINUIDADES				
DOBLAMIENTO GUIADO DE CARA C4				SIN DISCONTINUIDADES				
DOBLAMIENTO GUIADO DE RAIZ R1				SIN DISCONTINUIDADES				
DOBLAMIENTO GUIADO DE RAIZ R3				SIN DISCONTINUIDADES				
PRUEBA A CIZALLADURA (QW-170)								
PROBETA No	LOCALIZACIÓN DEL CORTE	TIPO DE CORTE	TEMPERATURA DE PRUEBA	VALOR DEL IMPACTO	EXPOSICIÓN LATERAL		MASA OSCILANTE	
—	—	—	—	—	% RASGADURA	MILS	ROMPE	NO ROMPE
—	—	—	—	—				
—	—	—	—	—				
—	—	—	—	—				
PRUEBAS DE SOLDADURA A FILETE (QW-180)								
RESULTADO SATISFACTORIO: (63) SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> PENETRACIÓN EN METAL (64) SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>								
MACRO-RESULTADOS								
OTRAS PRUEBAS								
TIPO DE PRUEBA <u>RADIOGRAFIA Informe 2142-1 CONFORME Control Calidad y Montajes</u>								
ANÁLISIS DE DEPÓSITO <u>N.A</u>								
OTROS <u>—</u>								
RESULTADO INSPECCIÓN VISUAL (QW-302.4) <u>SATISFACTORIA</u>								
NOMBRE DEL SOLDADOR <u>JESUS ESGUERRA</u> CÉDULA <u>4.274.396</u> ESTAMPE <u>JE</u>								
PRUEBAS DIRIGIDAS POR <u>Alvaro Kinco A</u> PRUEBAS DE LABORATORIO No. <u>11654</u>								
CERTIFICAMOS QUE LOS DATOS EN ESTE REGISTRO SON CORRECTOS Y QUE LAS MUESTRAS DE PRUEBA FUERON PREPARADAS, SOLDADAS Y ENSAYADAS DE ACUERDO CON LOS REQUERIMIENTOS DE LA SECCIÓN IX DEL CÓDIGO ASME.								
				FABRICANTE <u>ACERAL S.A.</u>				
FECHA <u>25 - Noviembre - 2011</u>				RESPONSABLE <u>Ing Alvaro Kinco Alvarz</u> CONTROL DE CALIDAD				

Figura 17A. Registro de calificación de procedimiento. (PQR)
Fuente: elaborado por el autor.

8.5 PRUEBAS



Figura 18. Platinas preparadas para ser enviadas a ensayos
Fuente: fotografía tomada por el autor con autorización de Aceral S.A..

Después de aplicar la soldadura con el brazo robótico siguiendo los parámetros y su programación se obtuvo una probeta la cual se inspeccionó e identificó para ser llevada a laboratorio.

. Primero se inspeccionó la soldadura con radiografía

. se realizaron los ensayos de tensión y doblamiento guiado de acuerdo con el código AWS D1.1:2010

LABORATORIO DE ENSAYOS MECÁNICOS Y QUÍMICOS SOLDADURAS WEST ARCO LTDA.				
Av. (Cra) 68 No 5 - 93 PBX 4176288, ext. 1201/1206				
Informe No.: I-11654		Total de Páginas: 2	Página: 2 de 2	
ENSAYO DE DOBLAMIENTO GUIADO				
Norma de Ensayo:	AWS D1.1/D1.1M:2010 AN AMERICAN NATIONAL STANDARD STRUCTURAL WELDING CODE - STEEL			
				FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS 2011-11-25
DIMENSIONES INICIALES DE LAS PROBETAS <small>[Longitudes en mm]</small>	IDENTIFICACIÓN			
	DOBLAMIENTO GUIADO DE CARA		DOBLAMIENTO GUIADO DE RAÍZ	
	C2	C4	R1	R3
LONGITUD	172	171	172	170
ANCHO	39,35	39,46	39,36	39,19
ESPESOR EN EL DEPÓSITO DE SOLDADURA	4,38	4,40	4,37	4,32
TEMPERATURA [°C]	19,6	19,6	19,6	19,6
RESULTADOS OBTENIDOS ENSAYO GUIADO DE DOBLAMIENTO				
IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DISCONTINUIDAD / DEFECTO			
C2	SIN DISCONTINUIDADES			
C4	SIN DISCONTINUIDADES			
R1	SIN DISCONTINUIDADES			
R3	SIN DISCONTINUIDADES			
ENSAYOS REALIZADOS POR FREDY HERNÁNDEZ <small>Auxiliar del Laboratorio</small>		INFORME REVISADO Y EMITIDO POR  ING. JAVIER VELANDIA PEDROZA		FECHA EMISIÓN DEL INFORME 2011-11-25
INFORMACIÓN DEL EQUIPO DE ENSAYO UTILIZADO				
Equipo:	PRENSA UNIVERSAL DE ENSAYOS		Fecha de Calibración:	2011-06-24
Marca:	TINIUS OLSEN		Certificado N°	CFA-11-1345
Modelo:	SUPER L-60		Calibrado por:	ICCLAB
Serie:	82070			
NOTAS:				
1. DECLARAMOS QUE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ENSAYOS REPORTADOS EN ESTE INFORME ESTÁN RELACIONADOS ÚNICAMENTE CON LAS PROBETAS QUE SE HAN IDENTIFICADO Y ENSAYADO, LAS CUALES FUERON ENVIADAS AL LABORATORIO DIRECTAMENTE POR EL CLIENTE.				
2. ESTE INFORME NO SE DEBE REPRODUCIR PARCIAL O TOTALMENTE SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO DE ENSAYOS MECÁNICOS Y QUÍMICOS DE SOLDADURAS WEST ARCO LTDA.				
3. LA APLICACIÓN Y EMPLEO DE LOS DATOS Y RESULTADOS REPORTADOS EN ESTE INFORME NO SON RESPONSABILIDAD DEL LABORATORIO DE ENSAYOS MECÁNICOS Y QUÍMICOS DE SOLDADURAS WEST ARCO LTDA.				
4. LOS DATOS DE MATERIAL BASE Y/O UNIÓN SOLDADA SON SUMINISTRADOS POR EL CLIENTE, POR LO TANTO NO SON RESPONSABILIDAD DEL LABORATORIO DE ENSAYOS MECÁNICOS Y QUÍMICOS DE SOLDADURAS WEST ARCO LTDA.				
FIN DEL INFORME				
<small>LAB-P-0018-F19-GC 2aEd</small>				

Figura 19 informe de laboratorio de ensayo mecánicos de WEST ARCO.
Fuente: informe instituto WEST ARCO.

**LABORATORIO DE ENSAYOS MECÁNICOS Y QUÍMICOS
SOLDADURAS WEST ARCO LTDA.**

Av. (Cra) 68 No 5 - 93 PBX 4176288, ext. 1201/1206

INFORME DE ENSAYOS MECÁNICOS A UNIÓN SOLDADA

Informe No.: **I-11654** Total de Páginas: 2 Página: **1 de 2**

Nombre del Cliente:	ACERO ESTRUCTURAL DE COLOMBIA S.A.	Orden de Servicio No.	11654
Dirección:	Calle 40 Sur No. 68 A - 76	Condición del Material de Ensayo:	
Teléfono:	7103599 Ext. 128	CUPON DE PRUEBA	
Ciudad:	Bogotá D.C.		

MATERIAL BASE	
Especificación:	ASTM A36
Tipo:	-----
Grado:	-----
Diámetro Ext.:	-----
WPS No.:	-----
Espesor:	4.5 mm

FECHA DE RECEPCIÓN DE MATERIAL DE
2011-11-24

UNIÓN SOLDADA			
Proceso:	GMAW	Progresión:	-----
Tipo de proceso:	AUTOMATICO	Posición:	-----
Aporte Metálico:	ER70S-6	Nombre del soldador:	JESUS ESGUERRA
Tipo de junta:	A TOPE	Estampe:	JE

ENSAYO DE TRACCIÓN A UNIÓN SOLDADA	
Norma de Ensayo:	AWS D1.1/D1.1M:2010 AN AMERICAN NATIONAL STANDARD STRUCTURAL WELDING CODE - STEEL

FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS
2011-11-25

DIMENSIONES INICIALES DE LAS PROBETAS	IDENTIFICACIÓN	
	T1	T2
LONGITUD TOTAL	11,000	11,000
ANCHO SECCIÓN REDUCIDA	0,8020	0,7880
ESPEJOR EN EL DEPÓSITO	0,1725	0,1730
ESPEJOR EN EL MATERIAL BASE	0,1750	0,1750
CARGA MÁXIMA [lb]	9154	9014
ÁREA SECCIÓN TRANSVERSAL	0,1383	0,1363
TEMPERATURA [°C]	19,6	19,6

RESISTENCIA MÁXIMA A LA TRACCIÓN	IDENTIFICACIÓN	
	T1	T2
psi	66169	66124
MPa	456	456
UBICACIÓN DE LA ROTURA	RFS	RFS

OBSERVACIONES: RFS: ROMPE POR FUERA DEL DEPÓSITO DE SOLDADURA

LAB-P-0018-F19-GC 2aEd

Figura 20. Informe de ensayos mecánicos a unión soldada.
Fuente: informes instituto WEST ARCO.

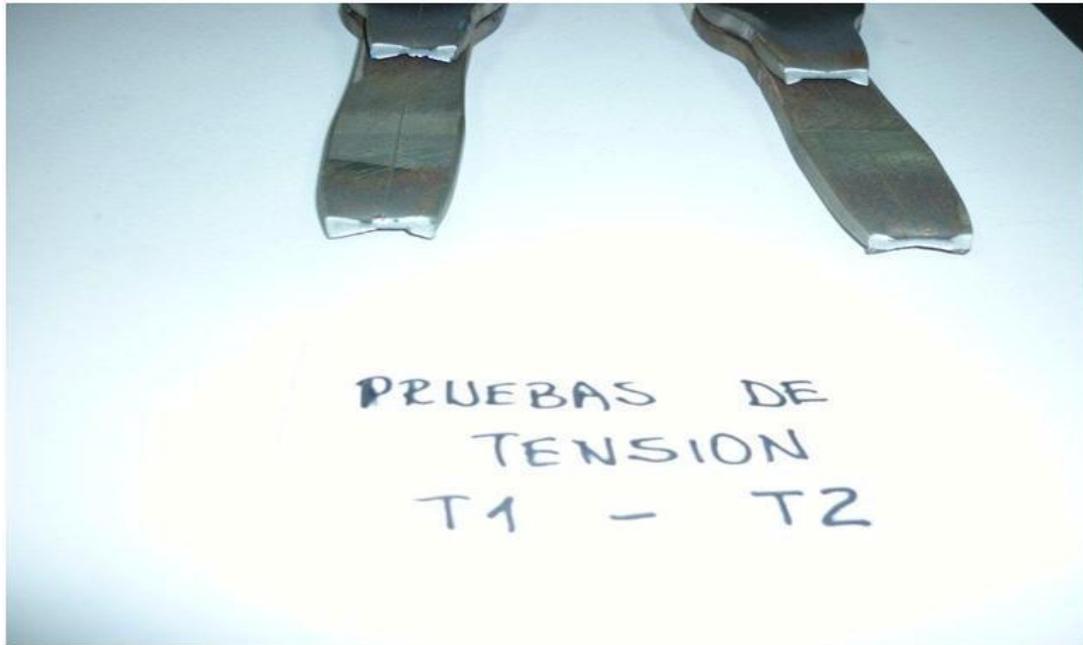


Figura 21: pruebas de tensión (T1-T2)

Fuente: fotografía tomada por el autor con autorización de Aceral S.A..

El resultado de las pruebas de tensión de acuerdo con el informe I-11654 del LABORATORIO DE ENSAYOS MECANICOS Y QUIMICOS DE SOLDADURAS WEST ARCO LTDA, es satisfactorio obteniendo una resistencia máxima a la tracción para la probeta T1 de 66169 psi y 66124 psi para la probeta T2 y rompen por fuera del depósito de soldadura.

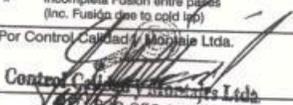
REPORTE INSPECCIÓN RADIOGRÁFICA													
 <p>Control Calidad y Montajes Ltda.</p> <p>CALLE 85A Nº 24-32 TELÉFONOS: 257 00 28 533 95 30 - 533 35 63 BOGOTÁ, D. C.</p> <p>E.N.D. Radiografía Industrial. Ultrasonido Partículas Magnéticas, Metalografía Aforo de Tanques, Pruebas de Vacío, Pruebas Hidrostáticas, Alivio de Esfuerzos, Consultoría, Interventoría MONTAJES INDUSTRIALES</p>		EMPRESA Aceal		LUGAR Bogotá		INFORME Nº 2142-1							
		TRABAJO Graw Automatico				O. TRABAJO Nº 2142							
		FUENTE I ₁ P ₂ T. FOCAL 3.2mm		MATERIAL Acero Al Carbono		HOJA 1							
		ACTIVIDAD 2.3 ci		ESPESOR DE PARED: 4mm		DE 1							
DIÁMETRO Ø		DIST. FP 13"		FECHA 23-11-11									
INDICADOR DE CALIDAD ASTM		NORMA DE INTERPRETACIÓN AWS D1.1											
TIPO PELÍCULA D 3		T. EXPOSIC MIN 12' SEG 5'		Nº 1B MPO Hides									
TAMAÑO 3" x 15"		TÉCNICA DE EXPOSICIÓN EPS / NPS		TÉCNICO Jose M Villarril									
Nº PLACAS 1		Nº UNIONES 1											
N		JUNTA		PLACA Nº		INTERPRETACIÓN		CALIFICACIÓN		OBSERVACIONES		CONTROL CALIDAD INTERNO	
JE				0-1				OK		Graw Automatico			
1													
2													
3													
4													
25													
26													
27													
28													
29													
30													
31													
LISTA DE DEFECTOS DE SOLDADURA													
PI- Penetración Inadecuada (Inadequated Penetration) FI- Fusión Incompleta de la raíz. (Incomplete Fusion) PH- Penetración inadecuada debido a HI Low (Inadequated Penetration dou HI Low) HI- HI-Low-desalineamiento. CI- Concavidad interna (Internal Concavity) IR- Incompleta Fusión entre placas (Inc. Fusión de to cold lap)				Q- Quemones o cráteres (Burn - Through) IEI- Inclusiones de escoria elongadas (Wagon Tracks) IEA- Inclusiones de escoria aisladas (Isolated slag inclusions)				PT- Porosidad Tubular (Wormhole) PV- Porosidad alargada vermicular (Hollow Bead) GL- Grietas Longitudinales (Cracks) GT- Grietas Transversales (Cracks) SI- Socavado interno (Under Cutting) SE- Socavado Externo (Under Cutting) A- Acumulación de discontinuidades O- Otros defectos (Pipe defects)					
Por Control Calidad y Montajes Ltda. 				Por la Empresa 				Por la Interventoría					

Figura 22. Reporte inspección radiográfica.
Fuente. Reporte de inspección radiográfica CC y M



Figura 23: pruebas de tensión (probetas T1 y T2).

Fuente. Fotografía tomada por el autor con autorización de Acelal S.A.

En la fotografía se observa como las probetas T1 y T2 rompen por fuera del depósito de soldadura y con resultados de resistencia la tracción satisfactorios

Probeta T1: 66169 psi

Probeta T2: 66124 psi



Figura 24. Prueba de doblamiento guiado raíz (R1-R3)

Fuente. Fotografía tomada por el autor con autorización de Acelal S.A.

De acuerdo con el informe I-11654 del LABORATORIO DE ENSAYOS MECANICOS Y QUIMICOS DE SOLDADURAS WEST ARCO LTDA. Los ensayos guiados de doblamiento de raíz son satisfactorios.

Probeta R1: No presenta discontinuidades

Probeta R3: No presenta discontinuidades

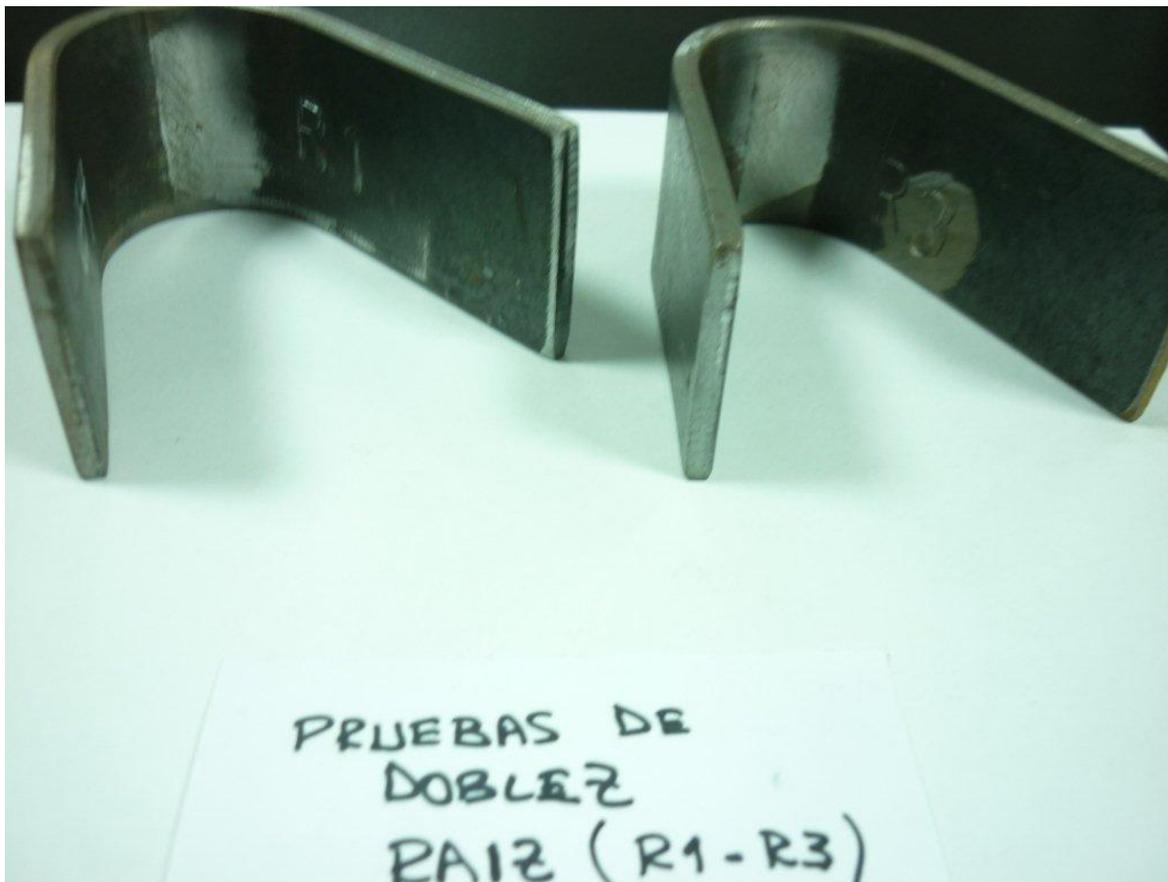


Figura 25. Prueba de doblez de Raíz (R1-R3)

Fuente: fotografía tomada por el autor con autorización de Acelal S.A.

Las probetas de doblamiento guiado de raíz R1 y R3 no presentan discontinuidades evaluadas de acuerdo con el código AWS D1.1:2010



Figura 26: prueba de doblez de cara (C2-C4)

Fuente: Fotografía tomada por el autor con autorización de Acelal S.A.

De acuerdo con el informe I-11654 del LABORATORIO DE ENSAYOS MECANICOS Y QUIMICOS DE SOLDADURAS WEST ARCO LTDA. Los ensayos guiados de doblamiento de cara son satisfactorios.

Probeta C2: No presenta discontinuidades

Probeta C4: No presenta discontinuidades



Figura 27. Prueba de doblamiento guiado de cara

Fuente: fotografía tomada por el autor con autorización de Aceral S.A.

Se identificaron las probetas C2 y C4 para ensayo de doblamiento guiado de cara y se evaluaron de acuerdo con el código estructural de soldadura AWS D1.1:2010 con resultado satisfactorio. No presentan discontinuidades

9. CONCLUSIONES

- La soldadura con brazo robótico en la industria permite aumentar la productividad, disminuir riesgos de tipo laboral y mejorar la calidad de la producción. La integración de la automatización permitirá el desarrollo de nuevos proyectos.
- Los resultados de las pruebas radiográficas, de los ensayos mecánicos de doblamiento guiado de cara, de raíz y de las pruebas de tensión realizadas de acuerdo con el código AWS D1.1:2010 fueron satisfactorias. Por lo tanto el procedimiento de soldadura diseñado para la utilización del brazo robótico puede ser implementado y el operario calificado para aplicar soldadura automática.
- Los resultados obtenidos satisfactoriamente del procedimiento de soldadura contribuyen al aprendizaje y aplicación de la soldadura automatizada, a encontrar nuevas y mayores empleos en la producción, cambiar y determinar parámetros que nos permitan controlar la eficiencia del proceso. Variables que influyan en la calidad, geometría y propiedades del cordón de soldadura.
- La industria está incorporando avances en el proceso GMAW robotizado desarrollando equipos con una meta común controlar el calor para llenar la junta con salpicadura mínima y una buena apariencia. Se deberán calificar y capacitar soldadores en estos procesos automatizados ante estas nuevas tecnologías

10. REFERENCIAS.

- (1) Primer robot metalúrgico hecho en Colombia ROBOTIKKA. 16 de marzo del 2011
- (2) Monografía Francisco Armando Dueñas Rodríguez universidad de la sallé Lic. En informática, Cancún México.
- (3) Universidad politécnica de Madrid, Escuela superior de ingenieros industriales, desarrollo de un sistema interactivo integral de parámetros de influencia de soldadura robotizada para procesos de soldeo por arco eléctrico con protección de MIG/MAG Y TIG. Gerardo Romaní Lablando 2005
- (4) Soldadura Principios y Aplicaciones Quinta edición. Larry Jeffus
2009
- (5) Revista METAL Actual www.metalactual.com.44
Tecnología Robótica. Hacia la automatización Industrial
- (6) AMERICAN WELDING SOCIETY. Welding handbook. Welding Technology.
Vol 1.8TH Edition . 1987
- (7)Publicación de El tiempo 12 de febrero de 1996
Autor: NULLVALUE
- (8) Technical Documents - Documentos Técnicos: Soldadura robótica
www.photomobiware.com/tech/technical32..php?psps-page 11

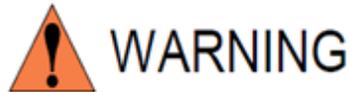
ANEXO 1. MANUAL EA 1400

Motoman XRC 2001 Controller
EA1400
Manipulator Manual

Part Number:	148362-1
Release Date:	May 22, 2003
Document Version:	1
Document Status:	Final



Motoman, Incorporated
805 Liberty Lane
West Carrollton, OH 45449
TEL: (937) 847-6200
FAX: (937) 847-6277
24-Hour Service Hotline: (937) 847-3200



Antes de utilizar el manipulador, compruebe que el servopoder se apaga

Cuando la parada de emergencia botones en el panel de reproducción o de programación colgante se presionan.

Cuando el servopoder está apagado, el servo para la lámpara READY en el panel de reproducción y SERVO el LED ON en la botonera de programación apagado.

Pueden resultar lesiones o daños a la maquinaria si el circuito de parada de emergencia no puede detener el manipulador durante una emergencia. El manipulador no debe utilizarse si los botones de emergencia no funcionan.

Emergency Stop Button



Una vez que el botón de parada de emergencias libera, claro de la célula de todos los artículos que podría interferir con el funcionamiento del manipulador. Encienda la servo ON.

Se pueden ocasionar lesiones como consecuencia del manipulador del movimiento no intencional o inesperado. Liberación de parada de emergencia

Release of Emergency Stop



Siempre coloque el bloqueo antes de entrar al área de trabajo del robot enseñar a un puesto de trabajo..

Observe las siguientes precauciones al realizar operaciones de enseñanza dentro de la dotación de trabajo del manipulador:

- Ver el manipulador de la parte delantera siempre que sea posible.
- Siempre siga el procedimiento predeterminado.
- Asegúrese de que tiene un lugar seguro para retirarse en caso de emergencia.

El Funcionamiento inadecuado puede ocasionar lesiones.

Asegúrese de que ninguna persona está presente en el manipulador sobre el trabajo y que se encuentra en un lugar seguro antes de:

- Conexión de la alimentación Yasnac XRC
- Moviendo el manipulador con el colgante de la programación
- Ejecución de las operaciones de verificación
- Realización de operaciones automáticas

Se pueden ocasionar lesiones si alguien entra en el espacio de trabajo del manipulador durante la operación.

Pulse siempre el botón de parada de emergencia de inmediato si hay problemas.

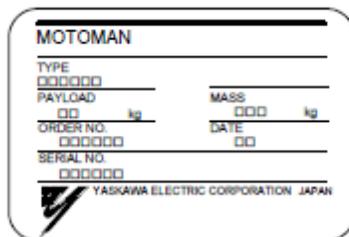
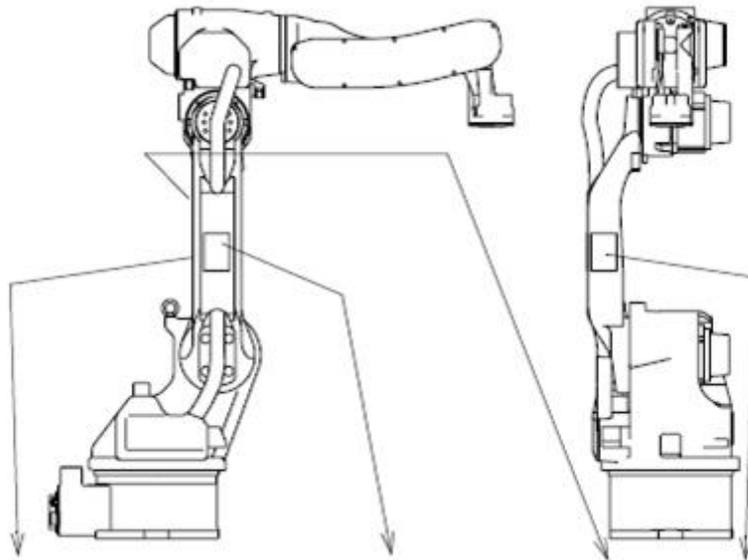
El botón de parada de emergencia se encuentra en el lado derecho de reproducción, tanto de la Yasnac XRC el panel y el colgante de programación.

UNA EXPLICACIÓN DE LAS ETIQUETAS DE ADVERTENCIA

Las etiquetas de advertencia siguientes se adjuntan al manipulador.

Siga siempre las advertencias en las etiquetas.

Además, una etiqueta de identificación con información importante se coloca en el cuerpo del manipulador. Antes de operar el manipulador, confirmar el contenido.



RECEPCIÓN

PRECAUCIÓN

- Confirmar que el manipulador y XRC tienen el mismo número de orden.

Se debe tener especial cuidado cuando más de un manipulador se va a instalar.

Si los números no coinciden, los manipuladores no pueden funcionar como se espera y causar lesiones o daños.

- Revisión del contenido del paquete

Cuando llegue el paquete, compruebe el contenido de los siguientes elementos estándar (Todas las opciones adicionales ordenados se debe comprobar también.)

- Manipulador
- XRC
- Programación colgante
- El cable de alimentación (2 cables) entre los XRC y el manipulador

- Comprobar el número de pedido

Verifique que el número de orden del manipulador se corresponde con el XRC.

El número de orden se encuentra en una etiqueta como se muestra continuación

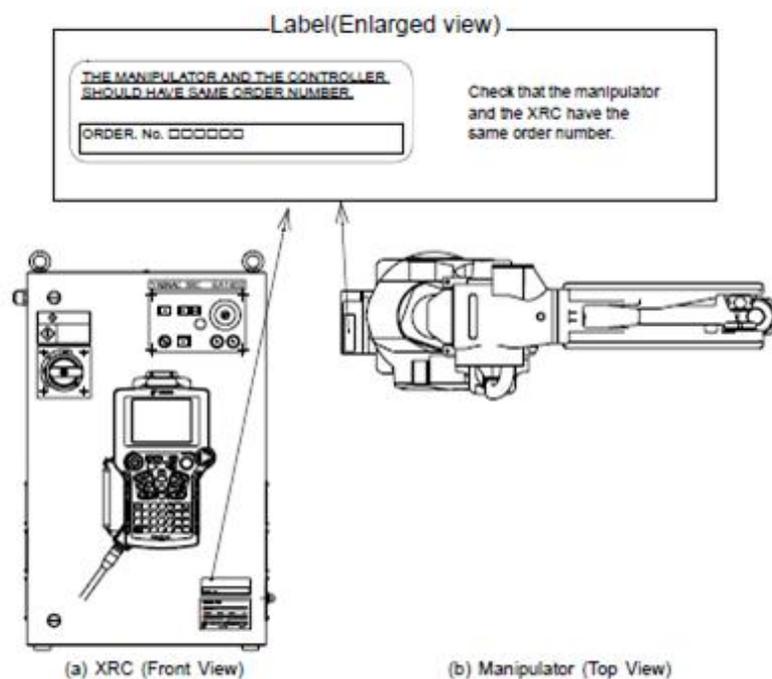


Fig. 1 Location of Order Number Labels

Cuando el manipulador y el dispositivo de montaje se instalan en una base de instalación común

La base de instalación común debe ser resistente y durable para impedir el corrimiento del manipulador o el dispositivo de montaje. El espesor de la base de instalación común es de 40 mm o más y un tamaño más grande o M16 pernos de anclaje se recomienda. Ponga el manipulador por la fijación de la base con los pernos de anclaje M16 (mm). Hay 4 agujeros de montaje en la base de manipulador.

La base es aprovechado para la M16 (longitud 50mm) tornillos. Apretar los tornillos y pernos de anclaje de forma segura para que no se aflojen durante la operación. Consulte la sección "la figura 4.

Montaje del manipulador en la base de instalación común" para el método.

- Procedimientos de montaje para Base Manipulador

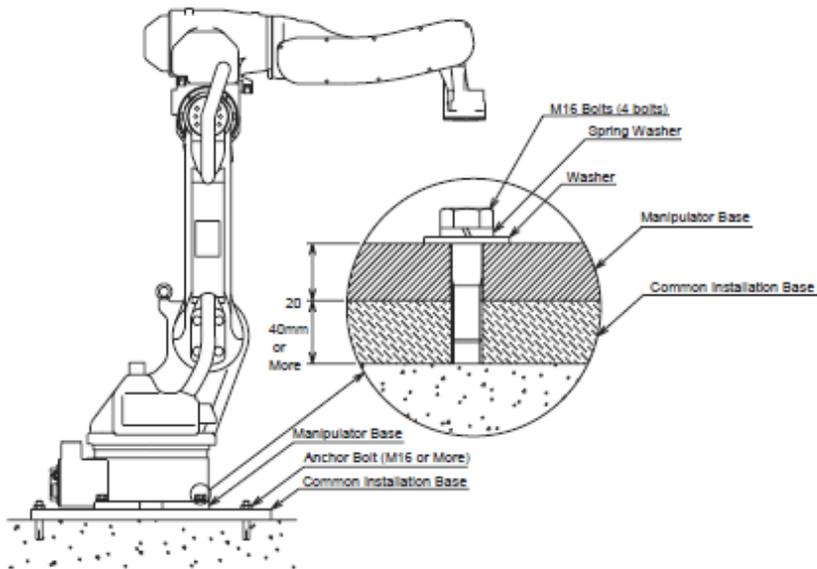


Fig. 4 Mounting the Manipulator on Common Installation Base

Cuando el manipulador se monta directamente sobre el suelo

El suelo debe ser lo suficientemente fuerte como para soportar el manipulador. Construir una base sólida con el espesor adecuado para soportar las fuerzas de repulsión máxima del manipulador como se muestra en "fuerzas de repulsión Tabla.1 máxima del manipulador". Como una norma aproximada, cuando hay un espesor de hormigón (piso) es de 150 mm o más, la base de manipulador se puede fijar directamente al suelo con pernos de anclaje M16. Antes de montar el manipulador, sin embargo, comprobar que el piso esté nivelado y que todas las grietas, etc. reparados. Cualquier espesor de menos de 150 mm es suficiente para el montaje, incluso si el piso es concreto

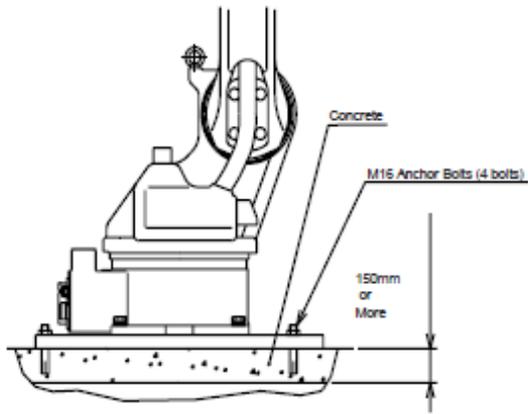


Fig. 5 Direct Mounting on the Floor

- Puesta a tierra

Siga la normativa local sobre el tamaño de línea a tierra. Una línea de 5,5 mm o más se recomienda.

Se refieren a "la figura. Método 7 de puesta a tierra" para conectar la línea de tierra directamente al manipulador.

- No utilice esta línea en común con otras líneas de tierra o electrodos de puesta a tierra de otros
- Cuando los conductos de metal, tubos metálicos, o la distribución de bastidores se utilizan para la colocación de cable, suelo de acuerdo con las normas técnicas de equipos eléctricos - Conexión del cable

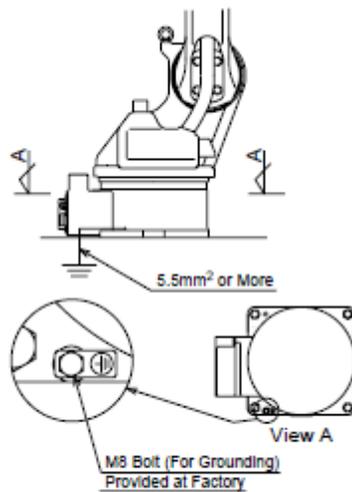


Fig. 7 Grounding Method

Hay dos cables de la fuente de alimentación, un cable de señal para la detección (1BC) y un cable de alimentación (2 AC). (Consulte la sección "la figura 8. Cables de alimentación".) Conecte los cables a los conectores de manipulador de base y el XRC. Se refieren a "la figura. 9 (a) Fuente de alimentación Cable de conexión para el manipulador", "la figura. 9 (b) Fuente de alimentación Cable de conexión a la XRC".

- La conexión con el manipulador

Antes de conectar dos cables para el manipulador, verificar los números: 1BC y 2 AC en los dos cables de alimentación y los conectores de base de manipulador. Al conectar, ajustar la posición del conector de cable para las posiciones clave principal del manipulador, e insertar los cables en el orden del 2 AC, 1BC, y luego colocar la palanca hasta oír un clic".

- Conexión del cable

- La conexión con el XRC

Quite el cable de entrada de dos cubiertas en el lado XRC. Pase el cable de señal para la detección (1BC) a través de una entrada, el cable de alimentación (2 AC) a través de la otra entrada, y luego apriete los pernos en las entradas.

Conectar cada cable a los tableros. Asegúrese de verificar los números en tanto los conectores del cable y el tablero antes de conectar, y para apretar los tornillos de los conectores 1BC para evitar que los cables de las vibraciones.

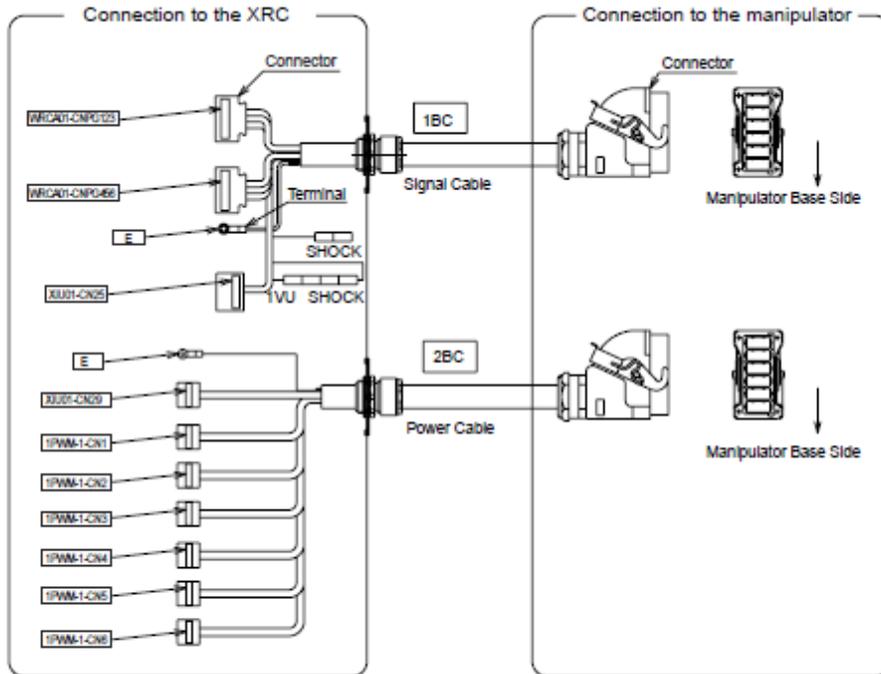


Fig. 8 Power Supply Cables

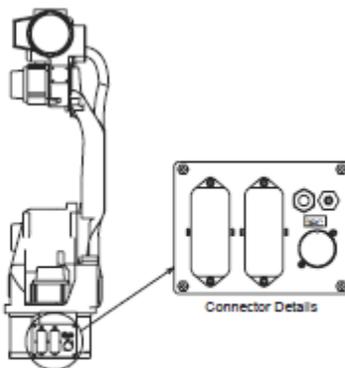


Fig. 9 (a) Power Supply Cable Connection to the Manipulator

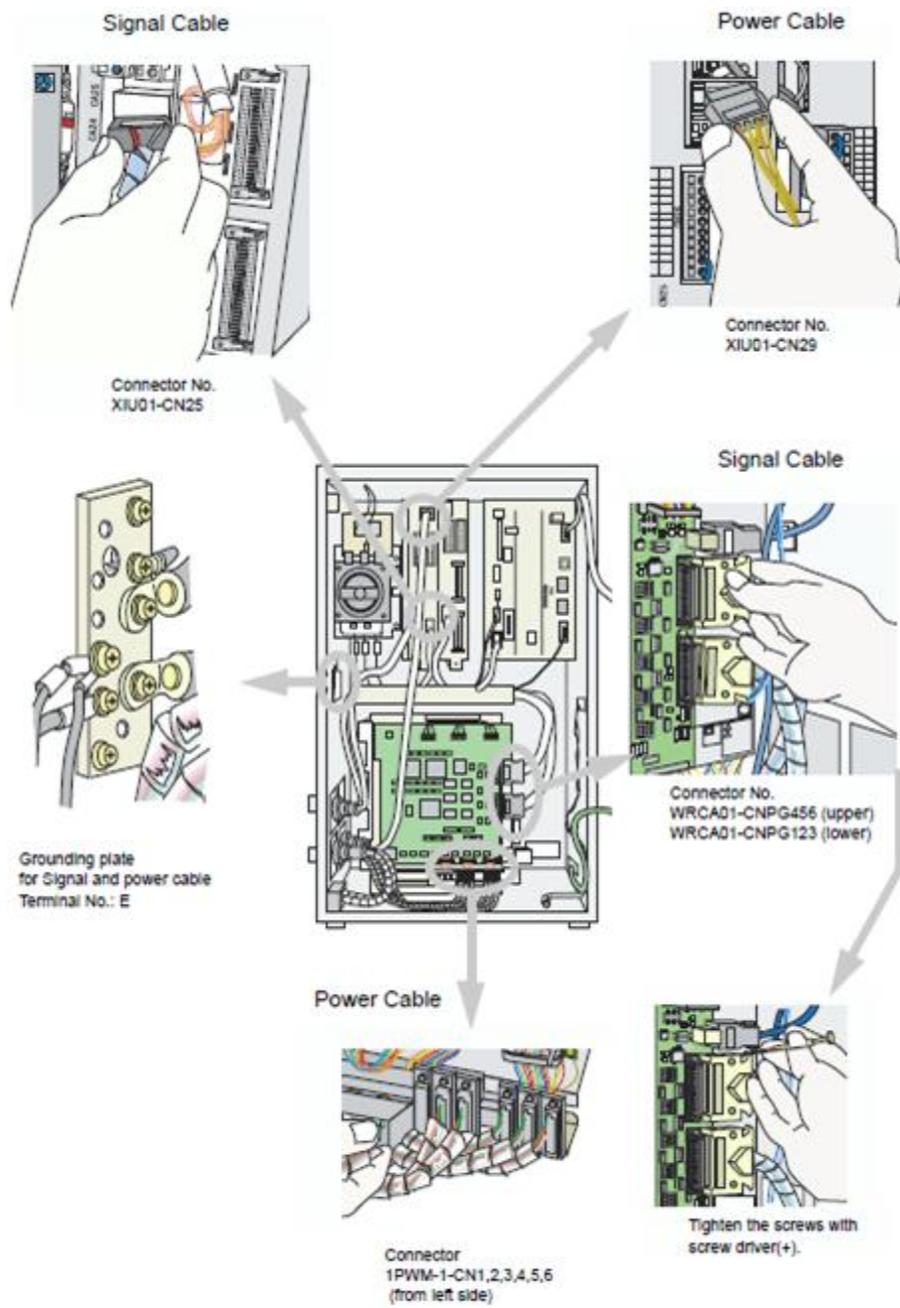


Fig. 9 (b) Power Supply Cable Connection to the XRC

Fig.8 cables de alimentación Detalles de los conectores

- Especificaciones básicas

Table. 2 Basic Specifications^{*1}

Item	Model	MOTOMAN-EA1400
Operation	Mode	Vertically Articulated
Degree of Freedom		6
Payload		3kg
Repetitive Positioning Accuracy ^{*2}		±0.08mm
Motion Range	S-Axis (turning)	±170°
	L-Axis (lower arm)	+155°, -90°
	U-Axis (upper arm)	+190°, -175°
	R-Axis (wrist roll)	±150°
	B-Axis (wrist pitch/yaw)	+180°, -45°
	T-Axis (wrist twist)	±200°
Maximum Speed	S-Axis	2.44 rad/s, 140°/s
	L-Axis	2.79 rad/s, 160°/s
	U-Axis	2.97 rad/s, 170°/s
	R-Axis	5.93 rad/s, 340°/s
	B-Axis	5.93 rad/s, 340°/s
	T-Axis	9.08 rad/s, 520°/s
Allowable Moment ^{*3}	R-Axis	8.8N·m (0.9kgf·m)
	B-Axis	8.8N·m (0.9kgf·m)
	T-Axis	2.9N·m (0.3kgf·m)
Allowable Inertia (GD ² /4)	R-Axis	0.27kg·m ²
	B-Axis	0.27kg·m ²
	T-Axis	0.03kg·m ²
Mass		130kg
Ambient Conditions	Temperature	0° to 45C°
	Humidity	20 to 80% RH (non-condensing)
	Vibration	Less than 4.9m/s ² (0.5G)
	Others	<ul style="list-style-type: none"> • Free from corrosive gasses or liquids, or explosive gasses • Free from exposure to water, oil, or dust • Free from excessive electrical noise (plasma)
Power Capacity		1.5kVA

*1 SI units are used in this table. However, gravitational unit is used in ().

*2 Conformed to ISO9283

*3 Refer to " 6.1 Allowable Wrist Load " for details on the permissible moment of Inertia.

Tabla. 2 Especificaciones Básicas

- Nombres y ejes de trabajo

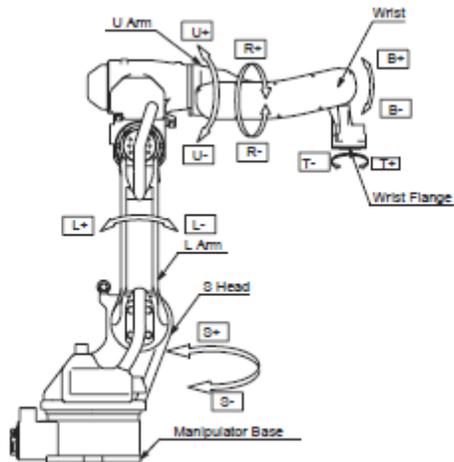


Fig. 10 Part Names and Working Axes

Fig. 10 Nombres y ejes de trabajo

- Manipulador dimensiones de la base

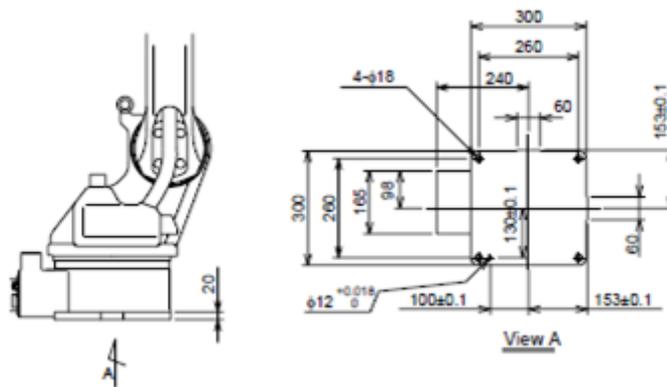
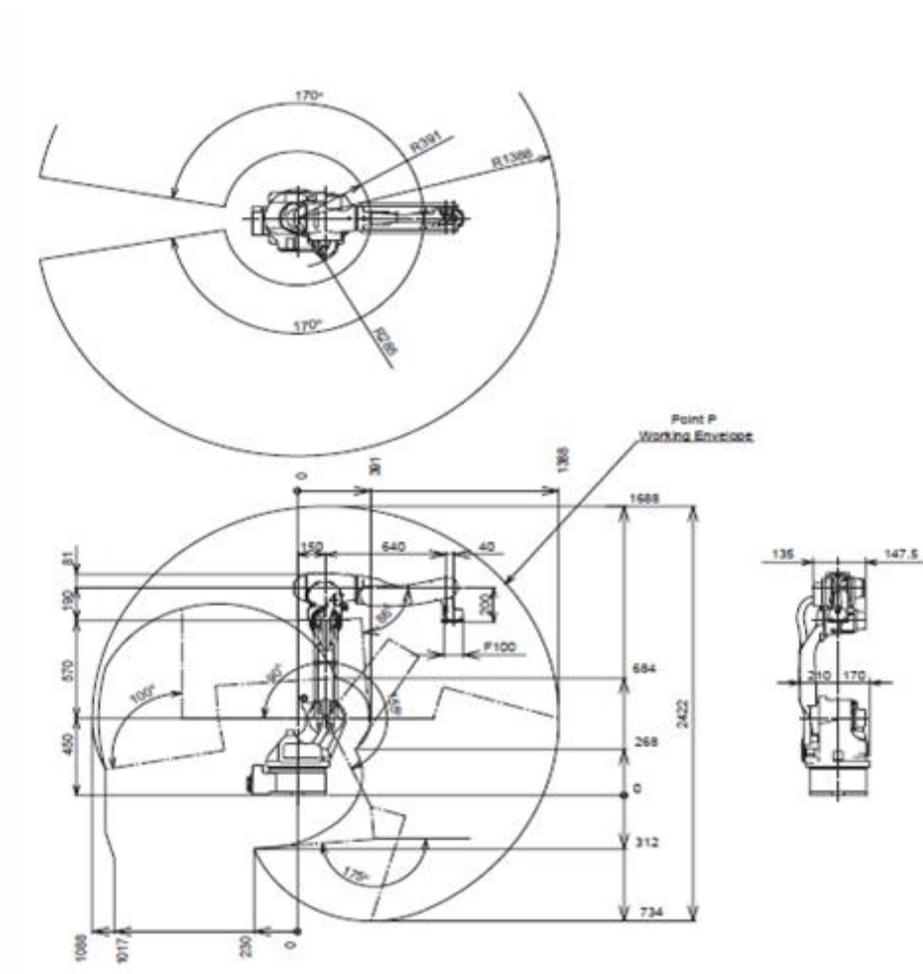


Fig. 11 Manipulador dimensiones de la Base (mm)



- Dimensiones y espacio de trabajo

Fig. 12 Dimensiones y sobres de Trabajo

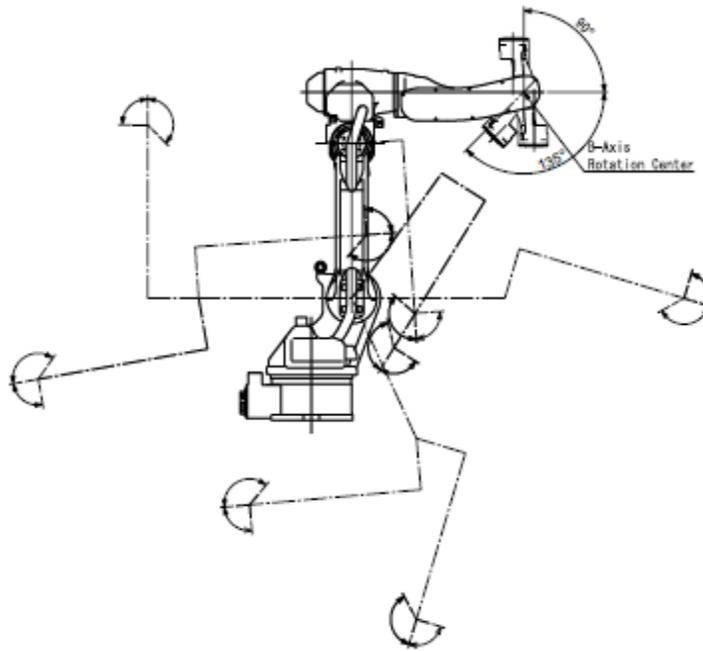


Fig. 13 B-eje Rango de trabajo

Rango de Trabajo modificables

El rango de trabajo de la S-Axis puede ser alterado de acuerdo con las condiciones de funcionamiento, como se muestra en la "Tabla 3. S-eje Rango de trabajo". Si la alteración es necesaria, póngase en contacto con su representante de Yaskawa de antemano Carga permisible para el eje de la muñeca y la brida de muñeca.

Table. 3 S-Axis Working Range

Item	Specifications
S-Axis Working Range	±170°(standard)
	±150°
	±120°
	±90°
	±60°
	±30°

- CARGA MUÑECA

La carga permitida es de 3 kg de muñeca. Si se aplica la fuerza de la muñeca en lugar de la carga, la fuerza de R, B, y T-ejes deben estar dentro del valor que se muestra en la "Tabla 4. Momento y momento de inercia total". Comuníquese con su representante de Yaskawa para obtener más información o asistencia.

Table. 4 Moment and Total Moment of Inertia

Axis	Moment N·m (kgf·m)*1	GD ² /4 Total Moment of Inertia kg·m ²
R-Axis	8.8 (0.9)	0.27
B-Axis	8.8 (0.9)	0.27
T-Axis	2.9 (0.3)	0.03

Mesa. 4 Momento y momento de inercia total

(): Unidad gravitacional

Cuando el volumen de carga es pequeña, se refieren a la calificación de brazo de momento se muestra en la "Figura 14. Momento

Valoración del brazo".

En el momento en el total admisible de inercia se calcula cuando el momento está en el máximo. Comuníquese con su representante de Yaskawa cuando único momento de inercia, o el momento de carga es pequeña y momento de inercia es grande. Además, cuando la masa de la carga se combina con una fuerza externa, tacto Con su representante de Yaskawa.

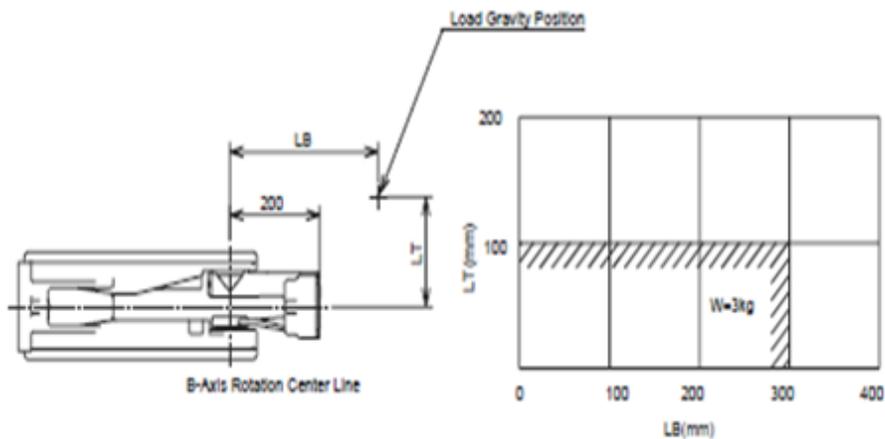


Fig. 14 Moment Arm Rating

Fig. 14 Momento de Valoración del brazo

- Muñeca brida

Las dimensiones de la brida de muñeca se muestran en la "fig. Brida de muñeca de 15". Se recomienda que el embargo debe ser montado dentro de la instalación. Profundidad de montaje debe ser de 6 mm o menos. El archivo adjunto debe estar montado en el rango de 90 ° F o menos hasta una altura de 5 mm de la cara de la brida.

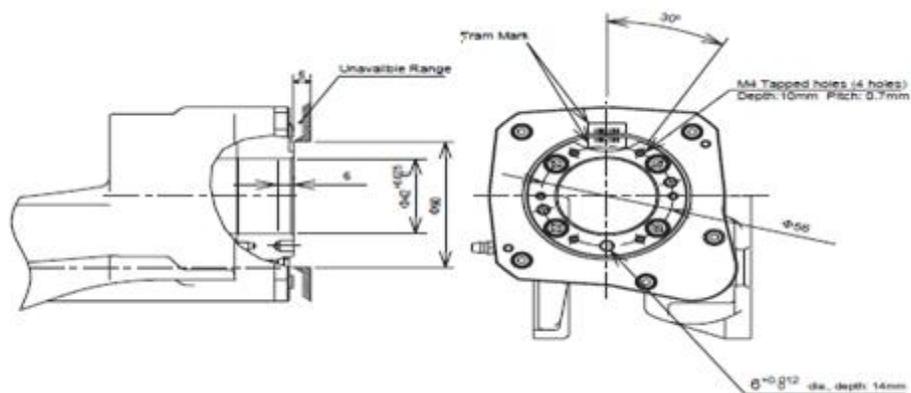


Fig. 15 Wrist Flange

Fig. 15
Muñeca Brida

Sistema de Aplicación

- Equipo de montaje

Cuando el equipo periférico está conectado a la U-eje, las siguientes condiciones deben ser observadas.

- Carga permisible

La carga admisible sobre el eje U es un máximo de 12 kg, incluyendo la carga de la muñeca.

Por ejemplo, cuando la masa instalada en el punto de la muñeca es de 3 kg, la masa que se puede instalar en la parte superior del brazo se convierte en 9 kg.

-Posición de montaje

Hay una limitación también en la posición de instalación.

"Figura 17. Conectores para Cable de usuario y conducto de aire", muestra la distancia entre el centro de rotación del eje U y la gravedad de la carga.

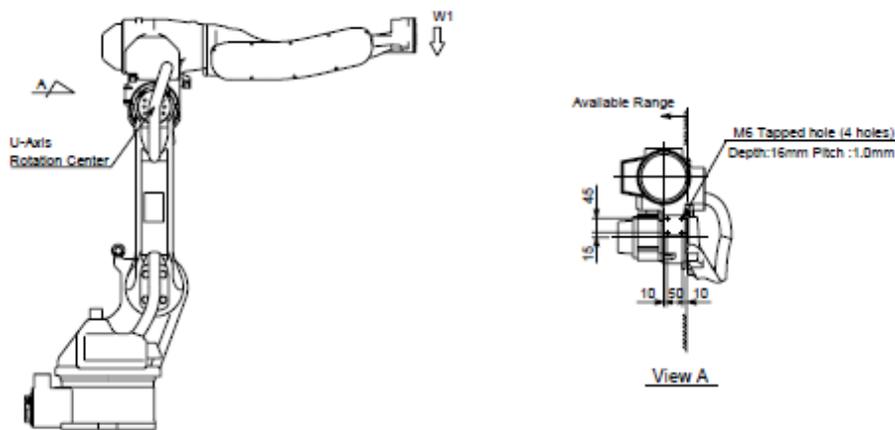


Fig. 16 Installing Peripheral Equipment

Fig. 16 Instalación de los equipos periféricos

- Conexiones para usuarios de cable y conducto de aire

14 cables (8 x 0,22 mm, 2 x 0,75 mm, y 4 x 1,25 mm) y una manguera de aire se utilizan en el manipulador de las unidades de los dispositivos periféricos montados en la parte superior del brazo como se muestra en "la figura 17. Conectores para el usuario por cable y conducto de aire". Los pines 1 conector a 16 se asignan como se muestra en la Fig. 19. El cableado debe ser realizado por el usuario.

- La corriente admisible para cables: debe 3A o por debajo de cada cable. (El valor total actual de los pines 1 a 16 años debe ser de 40A o menos).

- 2 • La presión máxima de la manguera de aire: es de 490 kipá (5 kg / cm) o menos (la manguera de aire de diámetro interior: F 6.5mm)

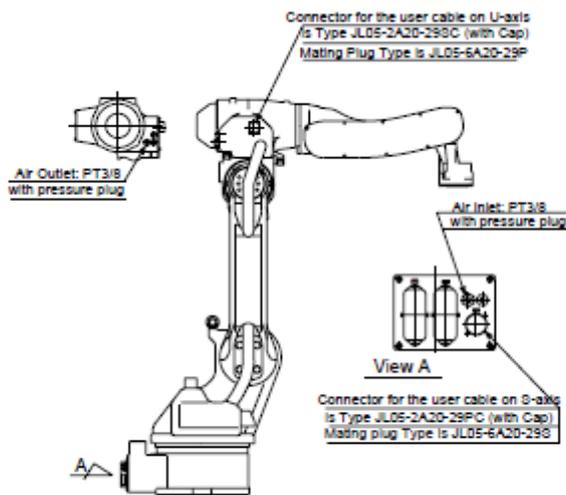


Fig. 17 Connectors for User Cable and Air Duct

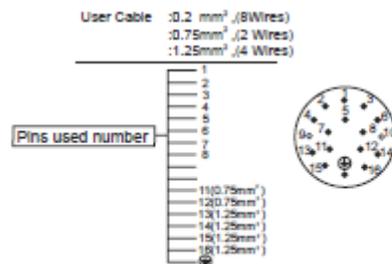


Fig. 18 Detailed of the Connector Pin Numbers

El mismo número PIN (1-16) de los dos conectores se conecta en la línea principal de 0,2 mm² sola

- Posición de final de carrera S-Eje
- Motoman construcción

Posición de final de carrera S-Eje

Los finales de carrera para el S, L y U-ejes se encuentra como se muestra en "la figura. 19 Ubicación de los interruptores de límite". El final de carrera para el S-Axis es estándar. El final de carrera de la L-U y los ejes son opcionales (tipo EA1400-A01). La inspección y el ajuste de los finales de carrera deben hacerse después de retirar la cubierta.

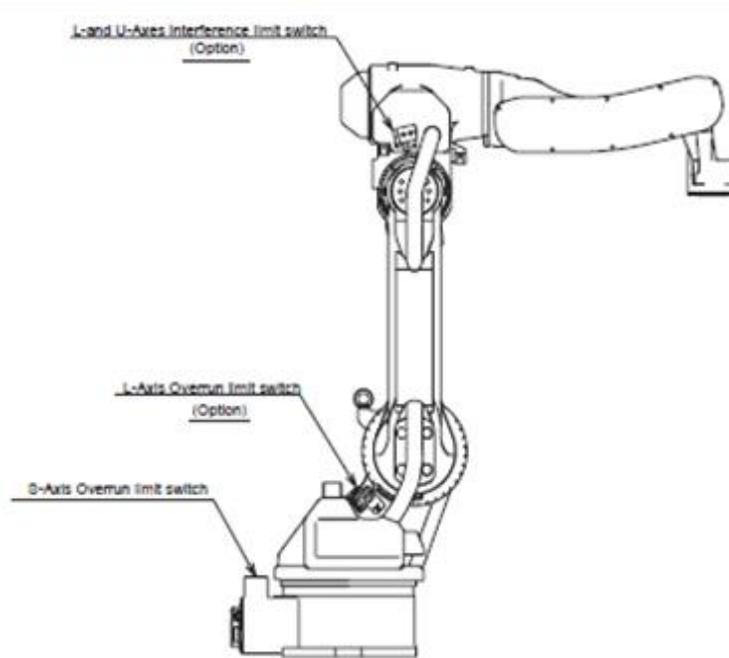


Fig. 19 Location of Limit Switches

Fig. 19 Ubicación de los interruptores de límite

- Conexiones internas

Los conectores de alta fiabilidad que se puede quitar fácilmente se utilizan con cada componente del conector.

Por el número y la ubicación de los conectores, consulte "fig. 20 Ubicación de los conectores y los números".

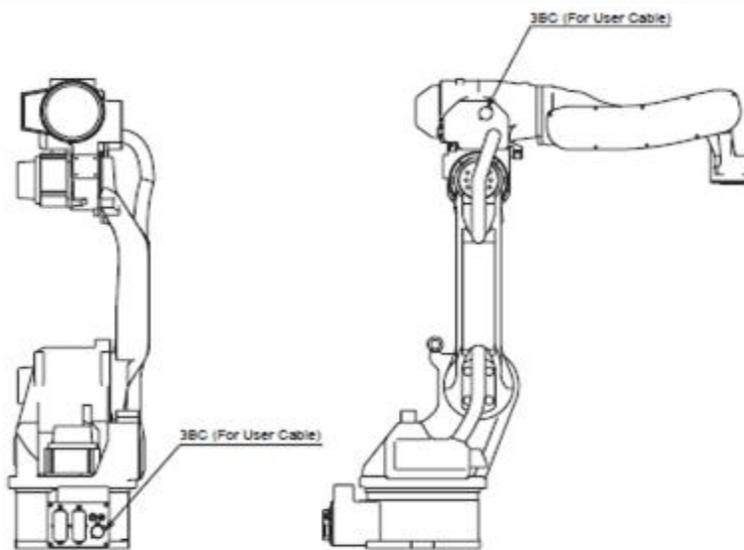
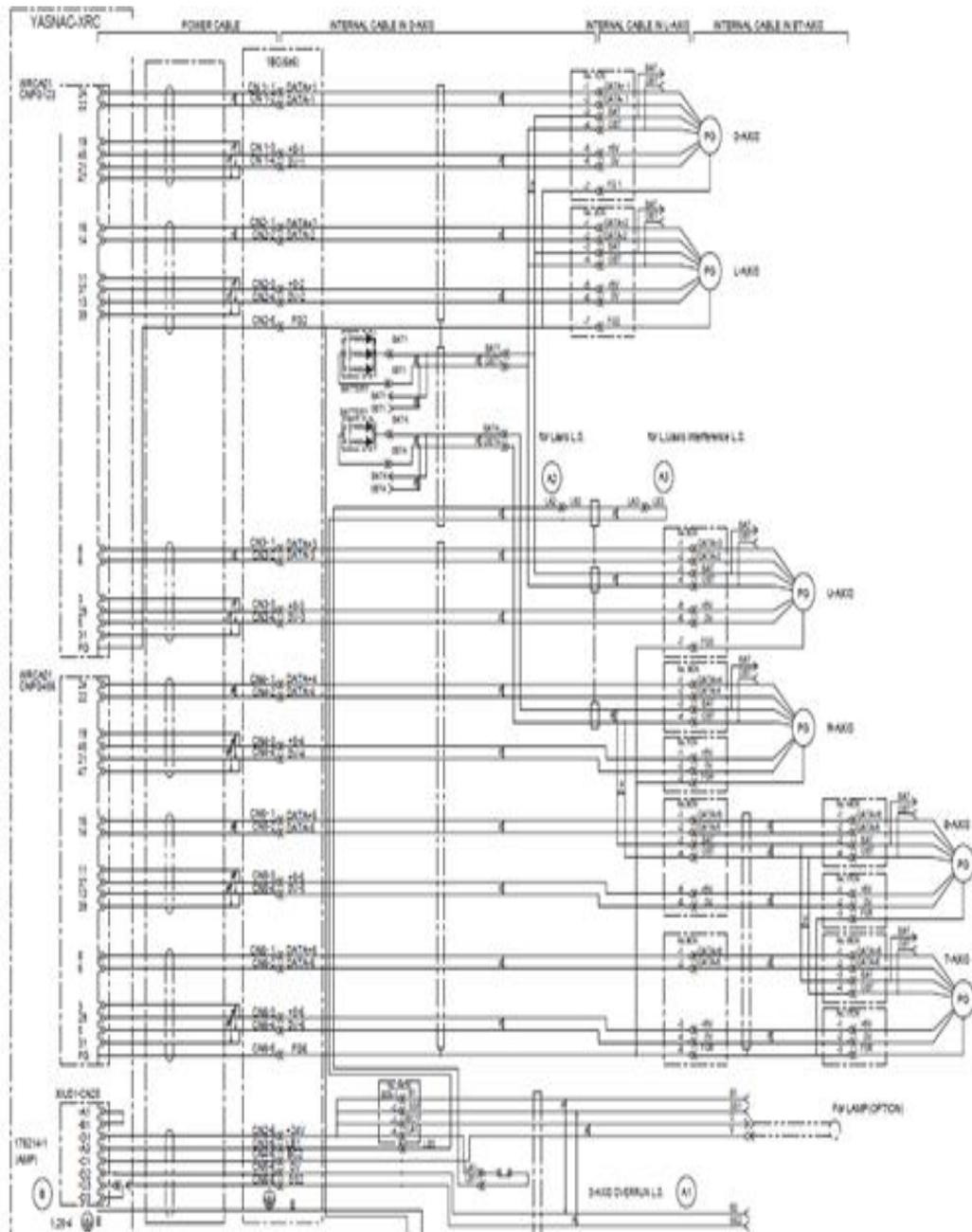


Fig. 20 Location and Numbers of Connectors

Table. 5 List of Connector Types

Name	Type of Connector
Connector for the user cable on the base	JL05-2A20-29PC (JL05-8A20-29S: Optional)
Connector for the user cable on the U-Arm	JL05-2A20-29SC (JL05-8A20-29P: Optional)

Fig. 20 Ubicación y números de conectores



GLOSARIO

AMPERAJE: es una medida de la cantidad de corriente que fluye a través del electrodo y la pieza a soldar. Es una variable primaria en el cálculo de la entrada de calor (H). Generalmente un aumento en el amperaje significa mayor velocidad de deposición, penetración más profunda y más dilución. El amperaje puede ser medido con un amperímetro o un reóstato (derivación eléctrica). El rol del amperaje es mejor comprendido en el contexto de las consideraciones de la entrada de calor y la densidad de corriente. Para soldaduras con voltaje constante, un aumento en la velocidad de alimentación del alambre directamente aumentara el amperaje. Para el proceso de S.M.A.W. con corriente constante, el selector de la maquina determina el amperaje básico, aunque cambie con la longitud del arco (controlada por el soldador) cambiará el amperaje. Mayores longitudes de arco reduce el amperaje.¹

VOLTAJE DEL ARCO: está directamente relacionado con la longitud del arco. Cuando la longitud del arco aumenta el voltaje aumenta, así como lo demanda la protección del arco. Para soldaduras de voltaje constante, el voltaje es inicialmente determinado por el selector de la máquina, así la longitud del arco es relativamente fija. Para el proceso de S.M.A.W en sistema con corriente constante el voltaje del arco se determina por la longitud del arco el cual es manipulado por el soldador. Cuando las longitudes del arco son incrementadas en el proceso S.M.A.W. el voltaje del arco aumenta y el amperaje disminuye y cuando las longitudes del arco disminuyen el voltaje del arco disminuye y el amperaje aumenta. El voltaje del arco también controla el ancho del cordón de la soldadura,

¹ ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURAS W.P.S. SEGUN CODIGO D1.1-2010

con voltajes mayores se generan cordones de soldaduras más anchos. El voltaje del arco tiene un efecto directo en el cálculo de la entrada de calor (H).²

VELOCIDAD DE AVANCE: se mide en pulgadas/min., es la velocidad a la cual el electrodo se desplaza con respecto a la junta. Las otras variables permanecen iguales, la velocidad de avance tiene un efecto inverso en la dimensión de los cordones de soldadura. Cuando la velocidad de avance aumenta el tamaño del cordón disminuye. La velocidad de avance es una variable clave en el conjunto de la entrada de calor, reduciendo la velocidad de avance aumenta la entrada de calor.³

EXTENSIÓN DEL ELECTRODO (ESO): Es la distancia desde el tubo de contacto hasta el extremo del electrodo. Esto solo se adapta a los sistemas de soldaduras que usan sistemas automáticos de alimentación del alambre. Cuando la extensión del electrodo aumenta en sistema de voltaje constante, la resistencia eléctrica del electrodo aumenta, causando que el electrodo se caliente. Esto se conoce como calentamiento por resistencia, o "I² R heating". Cuando la cantidad de calentamiento aumenta, la energía requerida del arco para fundir el electrodo disminuye y la deposición aumenta. Cuando la extensión del electrodo es aumentada sin ningún cambio en la W.F.S; el amperaje disminuirá. Esto origina menor penetración y menor dilución. Con el aumento de la extensión del electrodo, es común aumentar el voltaje de la maquina, regulando para compensar las caídas de voltajes mayores que atraviesan el electrodo.

DIÁMETRO DEL ELECTRODO: Es otra variable crítica. Electrodo con diámetros mayores transportan mayores corrientes de soldadura. Para un amperaje fijo, sin embargo, los electrodos de diámetros menores producen mayores velocidades de deposición.

² Ídem.

³ ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURAS W.P.S. SEGUN CODIGO D1.1-2010

POLARIDAD: Es la dirección del flujo de corriente. Polaridad positiva se logra cuando el cable del electrodo o pinza porta-electrodo se conecta al Terminal o polo positivo en maquinas de corriente directa (DC). La polaridad negativa ocurre cuando el cable de la pieza a soldar se conecta al Terminal o polo positivo y el cable de la pinza porta-electrodo al Terminal negativo. Cuando se usa corriente alterna (A.C.) no se mantiene la polaridad dado que el electrodo es alternativamente positivo en medio ciclo de la onda y negativo en la otra media onda.

ENTRADA DE CALOR⁴: Es proporcional al amperaje de la soldadura, multiplicado por el voltaje del arco, dividido por la velocidad de avance. Mayores entradas de calor corresponden a áreas de sección transversal de soldaduras mayores, y zonas afectadas por el calor, (H.A.Z.) mayores, las cuales pueden afectar negativamente las propiedades mecánicas en esa región. Entrada de calor mayor generalmente causa una disminución leve en la resistencia a la fluencia y a la tracción en el metal de la soldadura, y generalmente menor tenacidad debido a la interacción del tamaño del cordón y la entrada de calor.

DENSIDAD DE CORRIENTE⁵: Se determina dividiendo la intensidad de la corriente de soldadura entre el área de la sección transversal del electrodo. Para electrodos sólidos, la densidad de la corriente es proporcional a I/d^2 . Para electrodos tubulares, donde la corriente es conducida por la envoltura tubular metálica, y es relacionada al área de la sección transversal metálica. Cuando la densidad de corriente aumenta, la velocidad de deposición y la penetración aumenta. Esto es llevado a cabo por el aumento del amperaje o disminución del tamaño del electrodo. Una pequeña disminución en el diámetro afecta significativamente la velocidad de deposición y la penetración.

⁴ Ídem.

⁵ Microsoft Encarta. 2010.

TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO Y ENTRE PASADAS: Se usa para controlar las tendencias al agrietamiento, típicamente en el metal base. Para la mayoría de los aceros al carbono-magnesio-silicio, una temperatura entre pasadas moderada facilita buena resistencia a la tenacidad. Las temperaturas de precalentamiento y entre pases mayores de 550 °F pueden afectar negativamente la tenacidad. Cuando el metal base recibe poco o nada de precalentamiento, el enfriamiento rápido resultante puede conducir al deterioro de la tenacidad. El control cuidadoso de la temperatura de precalentamiento entre pases es crítico.⁶

⁶ SENA. Manual de soldadores.